

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Civil

## MÉMOIRE START AP

Présenté pour l'obtention du **diplome** de MASTER

**En:** Génie Civil

**Spécialité:** Matériaux de Génie Civil

### Sujet

**Béton bitumineux incorporant le Caoutchouc recyclé des  
pneus usagés**

Présenté par:

- **Rezgui Chaabane**

Encadré par Dr/

**GUELMINE layachi**

Soutenu publiquement le 25/06/2025 à La Salle de conférences devant le jury composé de:

**Mr TOUAMA dhiae eddine**

**Docteur**

**Président**

**Mm HAML A Wafa**

**Docteur**

**Examineur**

**Mm ABDELWAHED Nessma**

**Docteur**

**Examineur**



**Résumé :**

La création d'une start-up spécialisée dans le béton bitumineux intégrant des déchets de caoutchouc est une solution innovante et durable face aux enjeux environnementaux. En valorisant les granulats de caoutchouc recyclés (GCR), ce projet améliore la résistance, la durabilité et la performance des infrastructures, tout en réduisant le bruit urbain. Il offre aussi des avantages pour les sols sportifs, notamment dans les zones désertiques, en proposant des infrastructures plus résistantes, flexibles et écologiques. Ce concept contribue ainsi à des infrastructures plus durables et respectueuses de l'environnement.

**Mots clés:** Recyclage, pneu usage, béton bitumineux modifié, durabilité, flexibilité

**ملخص:**

إنشاء شركة ناشئة متخصصة في الخرسانة المزفتة التي تتضمن نفايات المطاط يُعد حلاً مبتكراً ومستداماً للتحديات البيئية. من خلال استخدام حبيبات المطاط المعاد تدويرها. يعزز هذا المشروع قوة ومتانة وأداء المنشآت، بالإضافة إلى تقليل الضوضاء الحضرية. كما يوفر فوائد للأرضيات الرياضية، خاصة في المناطق الصحراوية، من خلال توفير بنية تحتية أكثر مرونة وقوة وصديقة للبيئة. وبالتالي، يساهم هذا المفهوم في بنية تحتية أكثر استدامة وصداقة للبيئة.

الكلمات المفتاحية: تدوير – المطاط – خرسانة مزفتة معدلة- ديمومة – ليونة

**Abstract:**

The creation of a startup specializing in bituminous concrete that incorporates rubber waste is an innovative and sustainable solution to environmental challenges. By utilizing recycled rubber granules (RRG), this project enhances the strength, durability, and performance of pavements while also reducing urban noise. It also offers benefits for sports surfaces, particularly in desert areas, by providing more resilient, flexible, and eco-friendly infrastructure. This concept thus contributes to more sustainable and environmentally friendly infrastructure.

**Keys words:** Recycling, used tire, modified asphalt concrete, durability, flexibility

## *DEDICACES*

Je dédie ce modeste travail:  
A ma grande et petite famille.  
A Dr GUELMINE layachi  
Tant d'efforts et à toute sa famille.  
A toute mes amis sans exception.  
A toute la promotion du Master génie civil 2024-2025  
A tous personne ayant contribué à Ce travail de près ou de loin.

## SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| Résumé/ملخص/Abstract.....   |    |
| Dedicaces.....  |    |
| Sommaire.....   |    |
| Liste des figures et photos.....  |    |
| Liste des tableaux.....   |    |
| Introduction générale.....  | 09 |
| <b>CHAPITRE N°I: SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA VALORISATION DES DÉCHETS DE CAOUTCHOUC DES PNEUS USAGÉS AVEC LE BÉTON BITUMINEUX</b> |    |
| <b>I.1. Introduction:</b> .....   | 12 |
| <b>I.2. Problématique des déchets de caoutchouc des pneus:</b> .....  | 12 |
| I.2.1. Les déchets de pneus :.....  | 12 |
| I.2.2. Fabrication des pneus : .....  | 13 |
| I.2.3. Les pneumatiques : .....   | 14 |
| I.2.4. Les composants d'un pneu : .....   | 15 |
| I.2.5. Estimation des déchets pneumatiques en Algérie : .....   | 16 |
| <b>I.3. Valorisation des pneus usagés :</b> .....   | 17 |
| I.3.1. Techniques de valorisation des pneus dans le secteur du génie civil : .....  | 18 |
| I.3.2. Usage des poudrettes et des granulats de caoutchouc dans le domaine routier : .....  | 19 |
| I.3.3. La technique Pneu sol : .....  | 19 |
| I.3.4. Le TDA "Tires Derived Aggregate" (Agréments dérivés des pneus) : .....   | 21 |
| I.3.5. La technique Tires balle : .....   | 21 |
| I.3.6. La technique Tirecel : .....   | 21 |
| <b>I.4. Généralités sur les bitumes :</b> .....   | 21 |
| I.4.2. Provenance du bitume : .....   | 22 |
| I.4.2.1 Bitume pur : .....  | 22 |
| I.4.2.2. Bitume naturel : .....   | 22 |
| I.4.2.3. Asphalte naturel : .....   | 22 |
| I.4.3. Fabrication des bitumes: .....   | 22 |
| <b>I.5. Revue sur l'incorporation de Granulat de Caoutchouc dans le béton bitumineux pour Sols Sportifs Durables</b>                    | 23 |
| I.5.1. Introduction : .....   | 23 |
| I.5.2. Contexte et Défis Actuels: .....   | 23 |
| I.5.3. Utilisation de Granulats de Caoutchouc (GCR) dans le béton bitumineux : .....  | 23 |
| I.5.4. L'effet des GCR sur les Propriétés Mécaniques du béton bitumineux : .....  | 24 |
| I.5.5. Applications dans les Sols Sportifs : .....  | 24 |
| I.5.6. Défis et Solutions Potentielles : .....  | 24 |
| I.5.7. Études de Cas et Recherches Récentes : .....   | 25 |
| I.5.8. Perspectives d'Avenir et Recommandations : .....   | 25 |
| <b>I.6. Impact de l'inclusion du caoutchouc de pneus dans béton bitumineux sur la réduction du bruit.....</b>                           | 25 |
| I.6.1. Absorption acoustique: .....   | 25 |
| I.6.2. Types de chaussées et techniques d'incorporation du caoutchouc : .....   | 26 |
| I.6.2.1. Béton bitumineux poreux:.....  | 26 |
| I.6.2.2. Béton bitumineux dense: .....  | 26 |
| I.6.2.3. SMA (Stone Mastic Asphalt):.....   | 26 |
| I.6.3. Performance et durabilité :.....   | 26 |
| I.6.4. Impact environnemental: .....  | 27 |
| <b>I.7. Importance de création d'une entreprise de type START UP de fabrication de béton bitumineux</b>                                 | 27 |
| I.7.1. Contribution à la protection de l'environnement: .....   | 28 |
| I.7.2. Innovation et développement technologique : .....  | 28 |

|  |    |
|--|----|
| I.7.3. Avantages économiques :   | 28 |
| I.7.4. Réponse aux enjeux de développement durable :   | 28 |
| I.7.5. Réduction des coûts d'entretien et de maintenance des infrastructures :                         | 28 |
| I.7.6. Diversification des activités et des marchés :  | 29 |
| I.7.8. Positionnement stratégique et avantage concurrentiel :  | 29 |
| <b>I.8. Les applications du béton bitumineux dans le domaine de la construction et des avantages :</b> | 29 |
| I.8.1. Contexte et motivations :   | 29 |
| I.8.2. Composition et propriétés du béton bitumineux modifié au caoutchouc :                           | 29 |
| I.8.3. Avantages techniques et environnementaux :  | 29 |
| I.8.4. Limitations et défis techniques:  | 30 |
| I.8.5. Recherches et développements récents :  | 30 |
| I.8.6. Applications pratiques et projets pilotes :   | 30 |
| I.8.7. Perspectives futures :  | 32 |
| <b>I. 9. Conclusion:</b>   | 32 |

## CHAPITRE N° II: MATÉRIAUX, MÉTHODES EXPÉRIMENTALES ET RÉSULTATS

|  |    |
|--|----|
| <b>II.1. Introduction</b>                                      | 34 |
| <b>II.2. Les matériaux utilisés :</b>                          | 34 |
| <b>II.3. Essais et analyses des matériaux en laboratoire :</b> | 36 |
| II.3.1. Analyse des agrégats:                                  | 36 |
| II.3.1. 1.Sur agrégats:  | 36 |
| II.3.1. 2.sur mélanges hydrocarbonés:                          | 39 |
| <b>II.4.FORMULATION THEORIQUE :</b>                            | 39 |
| II.4.1. Analyse des mélanges à blancs :                        | 40 |
| II.4.2. Analyse des mélanges à noire :                         | 41 |
| <b>II.5. CHOIX DE LA FORMULE : BBDr( NON MODIFEIR) :</b>       | 41 |
| <b>II.6. CONFECTION DU BITUME-CAOUTCHOUC:</b>                  | 41 |
| II.6.1. FORMULATION:   | 41 |
| II.6.2. Synthèse sur les asphaltes-caoutchouc:                 | 46 |
| <b>II.7. CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES :</b>             | 46 |
| <b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :</b>                           | 47 |

|   |    |
|---|----|
| الملحق                                  | 51 |
| المحور الأول تقديم المشروع              | 51 |
| المحور الثاني الجوانب الابتكارية        | 56 |
| المحور الثالث التحليل الاستراتيجي للسوق | 57 |
| المحور الرابع خطة الإنتاج والتنظيم      | 62 |
| المحور الخامس الخطة المالية             | 65 |
| مخطط نموذج العمل التجاري                | 68 |

## LISTE DES FIGURES ET PHOTOS

### LISTE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Fig I.1 : le risque qu'ils représentent restent élevés: .....                        | 15 |
| Fig I.2 : Les constituants d'un pneu: .....  | 15 |
| Fig I.3 : Schéma des différentes filières de valorisation : .....                    | 18 |
| Fig I.4: Différents demi-produits issus du broyage des pneus usagés: .....           | 19 |
| Fig I.5 : Chantier expérimental Pneu sol : .....                                     | 20 |
| Fig I.6 : L'analyse de la microstructure .....                                       | 27 |
| Fig I.7 : Exemples des projets réalisés : .....                                      | 31 |
| Fig I.8 : Exemple de piste d'athlétisme : .....                                      | 32 |
| Fig II.1 : Les matériaux utilisés pour fabriquer le béton bitumineux modifié : ..... | 35 |

### LISTE DES PHOTOS

|   |    |
|---|----|
| Photo II.1: Centrale d'enrobé: .....  | 42 |
| Photo II.2 : Citerne de stockage de bitume : .....  | 43 |
| Photo II.3 : bags d'homogénéisation des granulats : .....                                       | 43 |
| Photo II.4 : bande d'essais en béton bitumineux modifié : .....                                 | 44 |
| Photo II.5 : Un terrain sportif de proximité ( TSP) réalisé en béton bitumineux modifié : ..... | 44 |
| Photo II.6: Prélèvement d'échantillons : .....  | 45 |

## LISTE DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tab I.1 : Valorisation de pneus usagés des pays développés : .....                   | 14 |
| Tab I.2: Différentes matières contenues dans le pneu: .....                          | 15 |
| Tab I.3 : Répartition du parc automobile en Algérie: .....                           | 16 |
| Tab I.4 : Ouvrages Pneu sol réalisés: .....  | 20 |
| Tab II.1 : caractérisation des granulats (Gravier) : .....                           | 37 |
| Tab II.2 : caractérisation du sable concassé : .....                                 | 37 |
| Tab II.3 : Détermination des densités apparentes et absolues: .....                  | 37 |
| Tab II.4 :Mesure de la résistance à l'usure et la fragmentation des granulats: ..... | 38 |
| Tab II.5 : Tableau comparatif de formulation: .....                                  | 41 |

## Introduction Générale:

Ce mémoire de fin d'études de Master en Matériaux de Génie Civil s'inscrit dans le cadre du décret ministériel n°1275, visant à créer une entreprise de type startup. La gestion durable des déchets constitue aujourd'hui un enjeu majeur pour la protection de l'environnement et le développement économique, en particulier dans les pays connaissant une croissance rapide du parc automobile, comme l'Algérie. Parmi ces déchets, les pneus usagés représentent une problématique environnementale et sanitaire significative, en raison de leur accumulation dans les décharges ou de leur incinération sauvage, entraînant pollution et risques pour la santé publique. Par ailleurs, le secteur du génie civil et des infrastructures routières cherche constamment à innover afin d'améliorer la performance, la durabilité et la sécurité de ses matériaux. La réutilisation des déchets de caoutchouc issus des pneus usagés dans la fabrication de matériaux de construction, notamment dans le béton bitumineux, apparaît comme une solution innovante et prometteuse pour concilier ces enjeux environnementaux et techniques.

Ce contexte soulève la problématique de la valorisation des déchets de caoutchouc dans le domaine de la construction routière et des sols sportifs, en particulier leur incorporation dans le béton bitumineux destiné aux couches de roulement, aux aires de jeux, et aux pistes d'athlétisme. Il s'agit d'étudier comment ces matériaux recyclés peuvent non seulement réduire l'impact environnemental lié à la gestion des pneus usagés, mais aussi améliorer les propriétés mécaniques, la durabilité et la performance acoustique des infrastructures. En ce sens, plusieurs hypothèses guident cette recherche : l'incorporation de granulats de caoutchouc dans le béton bitumineux peut renforcer ses propriétés mécaniques et sa résistance aux conditions climatiques extrêmes, tout en participant à la réduction des nuisances sonores et à la gestion des déchets. L'objectif principal de cette étude est donc d'évaluer la faisabilité technique et environnementale de cette valorisation, en proposant des formulations optimisées pour la fabrication de matériaux durables, adaptés aux besoins spécifiques des infrastructures routières et sportives, notamment dans le contexte algérien où la gestion des déchets de

pneus demeure un défi écologique et économique majeur.

La méthodologie de cette étude comprend plusieurs étapes. Tout d'abord, une présentation des déchets de caoutchouc, et le béton bitumineux. Ensuite, les bénéfices de l'incorporation des de caoutchouc des pneus sur les propriétés du béton bitumineux. Ce travail a été subdivisé en deux parties :

Le premier partie consiste à présenter les déchets des pneus usés, valoriser les sous-produits à travers le monde ainsi que de rassembler les informations sur la situation en Algérie. Un aperçu sur le béton bitumineux et ces propriétés essentiels. Les bénéfices de techniques, économique, et social de valorisation des déchets de caoutchouc avec le béton bitumineux. En fin, on montre quelques exemples de l'application du béton bitumineux dans le domaine des constructions. La deuxième partie est une étude technique et économique du projet de START UP qui se compose par des éléments suivants : Plan d'affaires ou Modèle de business plan BMC-Présentation du projet- Analyse stratégique du marché -Plan de production et d'organisation-Objectifs du projet - Aspects innovants.

## **CHAPITRE I**

Synthèses bibliographiques sur la valorisation des déchets de caoutchouc des pneus usagés avec le béton bitumineux

## **Chapitre I : SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA VALORISATION DES DÉCHETS DE CAOUTCHOUC DES PNEUS USAGÉS AVEC LE BÉTON BITUMINEUX**

### **I.1. INTRODUCTION :**

Le présent chapitre propose une analyse bibliographique des travaux de recherche antérieurs sur l'effet des particules de caoutchouc réutilisé (PCR) sur les propriétés du béton bitumineux utilisé pour les couches de roulement des routes et les sols sportifs. Il sera structuré en quatre grandes parties. La première partie abordera la problématique des déchets pneus et les modes de valorisation de ce type de déchets dans le domaine du génie civil. La deuxième partie se concentrera sur l'estimation des déchets pneumatiques en Algérie. La troisième partie donne des généralités sur l'origine et les types des bitumes. La quatrième partie examine l'influence des particules de caoutchouc réutilisé sur les propriétés du béton bitumineux. En fin, on discutera l'Incorporation de granulats de caoutchouc dans le béton bitumineux pour sols sportifs durables.

### **I .2. PROBLÉMATIQUE DES DÉCHETS DE CAOUTCHOUC DES PNEUS**

#### **I.2.1. Les déchets de pneus :**

L'essor de la prise en compte de l'impact environnemental des constructions et des politiques de développement durable a suscité une réflexion sur les procédés et les matériaux de construction alternatifs. Le secteur de la construction, en particulier celui basé sur l'utilisation de matériaux cimentaires, est amené à évoluer dans ce contexte. Il est nécessaire de limiter les émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre, de préserver les ressources naturelles, de considérer la déconstruction avec une analyse du cycle de vie, tout en améliorant les propriétés d'utilisation des matériaux conventionnels [1,2].

Dans cette perspective, de nouveaux matériaux innovants "composites" devront à terme remplacer les matériaux usuels. En accord avec les principes du développement durable, les acteurs du secteur du bâtiment manifestent un intérêt croissant pour les co-produits et les déchets issus de l'industrie. C'est notamment le cas pour les déchets de caoutchouc, tels que les pneus usagés, qui peuvent à court terme remplacer certaines additions généralement utilisées comme renfort dans le béton. L'utilisation de ces déchets dans le domaine de la construction présente un double objectif : répondre à la demande sociétale d'un plus grand respect de notre environnement et apporter une valeur ajoutée à certains co-produits ou déchets tout en générant de nouvelles opportunités pour le monde industriel [1,2].

En Algérie, l'accumulation des déchets de pneus usagés constitue une source potentielle de problèmes environnementaux et économiques majeurs. En effet, l'utilisation de véhicules industriels de différentes catégories génère d'importantes quantités de déchets de pneus qui ne sont pas valorisés. Ils sont souvent entreposés dans des décharges non contrôlées, polluant ainsi l'environnement par leur incinération à l'air libre ou leur enfouissement [1]. En Europe, ces méthodes de réduction des déchets sont fortement critiquées et la réglementation actuelle impose la mise en place de filières de valorisation dans différents domaines. C'est dans ce contexte qu'intervient cette étude, qui vise à examiner les possibilités de recyclage des déchets de pneus en Algérie, notamment leur utilisation dans le domaine des matériaux de construction [2,3].

- **Les pneumatiques usagés réutilisables (PUR)**

Il existe deux filières pour les Pneus Usagés Réutilisables, l'une est le rechapage (remplacement de la bande de roulement) qui concerne surtout les pneus de poids lourds et d'engins de chantier et le second est la commercialisation sur le marché de l'occasion ou à l'export, dans le cas où les pneus n'ont pas atteint la limite d'usure autorisée [1].

- **Les pneumatiques usagés non réutilisables (PUNR)**

Sont les pneus qui ne peuvent plus assurer la mobilité d'un véhicule en respectant les normes de sécurité, donc on doit les éliminer.

### **I.2.2. Fabrication des pneus :**

La fabrication d'un pneu nécessite un certain nombre de matériaux bruts : pigments, produits chimiques, environ 30 types de caoutchouc, des câblés de carcasse, de tringle de talon, etc. On commence le processus en mélangeant les caoutchoucs de base (naturel et synthétique) avec des huiles de fabrication, le noir de carbone, les pigments, les antioxydants, les accélérateurs et d'autres additifs, chacun donnant des propriétés différentes au pneu [1].

Ces ingrédients sont mélangés dans un mélangeur interne. La friction provoque une élévation de la température qui doit être contrôlée. On obtient alors un mélange chaud noir et gommeux. Ensuite, on fait passer le mélange aux laminoirs où il sera découpé en bandes qui deviendront des flancs, des bandes de roulement ou d'autres parties de pneus. Pour qu'un pneu conserve tout au long de sa vie toutes ses propriétés, il doit après assemblage de tous les éléments nécessaires (tringles, fils en acier ou en textile...), subir une vulcanisation pour le transformer d'un état plastique à un état élastique irréversible [ 1].

### I.2.3. Les pneumatiques :

Les pneumatiques usagés représentent plus de 85 % des déchets de caoutchouc et leur valorisation dans le domaine de construction est très importante, la récupération de ces déchets touche deux impacts très importants, l'impact environnemental (le stockage et l'élimination des pneumatiques usagés sont devenues des préoccupations graves pour l'environnement) et l'impact économique (valoriser ces déchets).

En Algérie, selon l'Agence Nationale de Promotion du Commerce Extérieur on importe environ de 49 milliers de tonnes de pneumatique en caoutchouc chaque année et cette quantité augmente avec la croissance des parcs automobile.

On distingue les pneumatiques usagés réutilisables (PUR), et les pneumatiques usagés non réutilisables (PUNR) [1].

Même si la problématique concerne tous les pays sans exception, les données fiables disponibles ne concernent que les pays développés. Dans ce dernier cas, elles montrent que les pneus en caoutchouc représentent 60% de la production industrielle en caoutchouc. Compte tenu du risque exposé dans l'introduction de ce manuscrit, on comprend aisément que la valorisation du pneu usagé est une préoccupation majeure.

Comme le montre le Tableau I-1 c'est en grande partie comme combustible (valorisation énergétique), essentiellement dans les fours des cimenteries que le pneu usagé termine sa course. De l'autre côté, la Figure I-1 montre que le stockage est important ce qui peut entraîner les risques associés (incendie, etc.) [1].

**Tableau I.1 :** Valorisation de pneus usagés des pays développés.

| Méthode<br>Pays | Combustible<br>(pour ciment) | Matières<br>premières | Rechapage | Export | Décharge |
|-----------------|------------------------------|-----------------------|-----------|--------|----------|
| Japon           | 35%                          | 22%                   | 15%       | 17%    | 11%      |
| Allemagne       | 37%                          | 11%                   | 22%       | -      | 30%      |
| Etats-Unis      | 7%                           | 2%                    | 12%       | 4%     | 75%      |

Le caoutchouc est un élément indispensable dans la constitution d'un pneumatique, il représente environ 48% de son poids. En plus du latex, matière de base du caoutchouc naturel, les caoutchoucs synthétiques, dérivés de pétrole, ont permis d'améliorer les caractéristiques des pneumatiques. Les pneumatiques sont également efforcés d'armatures métalliques (15% de poids) afin d'augmenter le niveau de leur performance, mais aussi de fibres textiles (5% de poids) afin d'alléger leur poids tout en conservant leurs propriétés d'endurance [1].



Stock de pneus usagés à Campsas, Tarn-et-Garonne en 2007

Incendie sur le site de stockage de pneus usagés,

**Figure I.1 :** Malgré une valorisation énergétique le stocks de pneus usagés et le risque qu'ils représentent restent élevés[1].

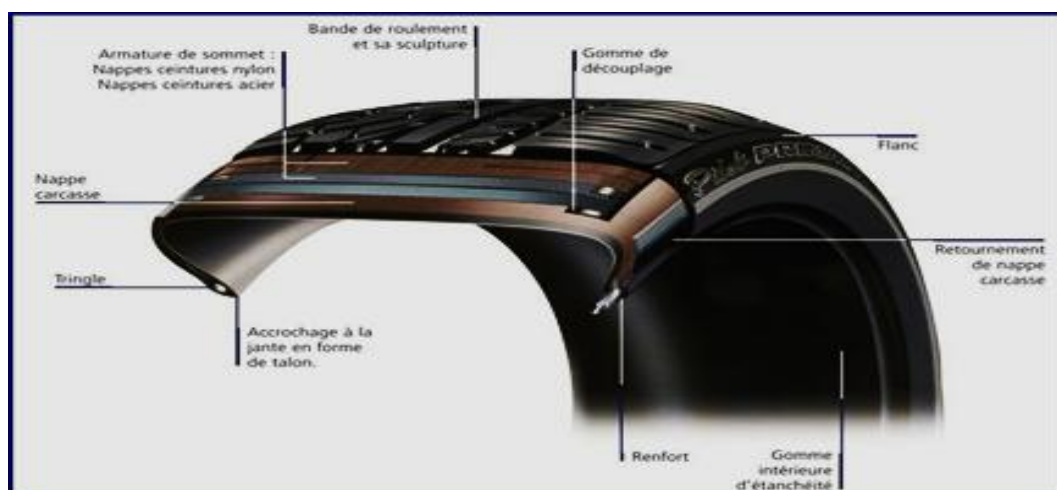
### I.2.4. Les composants d'un pneu :

Le pneu est généralement composé de caoutchouc naturel ou synthétique, de noir de carbone et de soufre. Sa constitution varie peu entre les pneus tourisme et poids lourds [1]. En fonction de son altération, on distingue deux types des pneus

Le tableau ci-dessous présente en ordre d'importance les différentes matières contenues dans le pneu.

**Tableau I.2:** Différentes matières contenues dans le pneus[1].

| Matériaux       | Pneu Tourisme | Pneu Poids Lourds |
|-----------------|---------------|-------------------|
| Elastomères     | 47%           | 43%               |
| Noir de carbone | 21.5%         | 21%               |
| Acier           | 16.5%         | 27%               |
| Textile         | 5.5%          | 0%                |
| Oxyde de Zinc   | 1%            | 2%                |
| Soufre          | 1%            | 1%                |
| Autres          | 7.5%          | 6%                |



**Figure I.2 :** Les constituants d'un pneu

### I.2.5. Estimation des déchets pneumatiques en Algérie :

L'estimation est proposée selon la méthodologie suivante :

1. Estimation du parc automobile algérien selon le genre.
2. Calcul du nombre de pneus en circulation selon le type (VL, PL, Autres).
3. Estimation de la durée de vie d'un pneu selon le type en Algérie.
4. Calcul du nombre de pneus usagés et tonnage selon chaque type de pneu.
5. Calcul du nombre de pneus usés par personne par an.

Sur la base des statistiques de l'Office National des Statistiques (ONS) [2,3] concernant la répartition du parc automobile par genre de véhicules au 31/12/2009 ainsi que les immatriculations des véhicules automobiles durant le premier semestre 2010, nous avons calculé le nombre de véhicules en circulation au premier semestre 2010 par genre. Le parc automobile national algérien compte 4 171 827 véhicules qui se répartissent en 62,162 % de véhicules de tourisme, 8,683 % en camions et 19,694% en camionnettes. Les autocars et autobus représentent 1,679 % du parc. Les tracteurs routiers 1,520 %, les tracteurs agricoles 3,136 %, les remorques 2,779 %, les motos 0,263 % et les véhicules spéciaux 0,080% (Tableau I.3) [2,3]:

**Tableau I.3 : Répartition du parc automobile en Algérie [3]..**

| Genre                | Véhicules        | Pourcentage(%) |
|----------------------|------------------|----------------|
| Véhicule de Tourisme | 2 593 310        | 62,162         |
| Camion               | 362 257          | 8,683          |
| Camionnette          | 821 626          | 19,694         |
| Autocar / Autobus    | 70 070           | 1,679          |
| Tracteur Routier     | 63 417           | 1,520          |
| Tracteur Agricole    | 130 839          | 3,136          |
| Remorque             | 115 972          | 2,779          |
| Moto                 | 10 978           | 0,263          |
| Véhicule Spécial     | 3 358            | 0,080          |
| <b>Total</b>         | <b>4 171 827</b> | <b>100</b>     |

On peut classer les pneus usagés non rechapés en trois catégories. Les pneus VL (Véhicules Légers), les pneus PL (Poids Lourds) et Autres. Les pneus VL, équipent les véhicules de tourisme et camionnettes avec une moyenne de 4 pneus Le type de pneus PL, équipe les camions, autocars et autobus, tracteurs routiers et les remorques. La moyenne est de 8 pneus pour les camions (un camion peut être équipé de 6 à 12 pneus), 6 pneus pour les autocars et autobus ainsi que les remorques et de 8 pneus pour les tracteurs routiers (un tracteur routier peut être équipé généralement de 6 à 10 pneus selon le nombre d'essieux)[3].

Les tracteurs agricoles, véhicules spéciaux et motos, sont équipés de type de pneu désigné par autres avec une moyenne de 2 pneus pour les motos et 4 pneus pour les véhicules spéciaux et tracteurs agricoles [3].

On considère que deux pneus sur quatre sont changés tous les cinq ans pour les VL et deux sur six tous les quatre ans pour les PL, donc on aura :

$$\% \text{ VL} = 62,162 + 19,694 = 81,85\%$$

Pneus usés type VL =  $(4171827 \times 0,8185 \times 2/5) = 1\ 365\ 856$  pneus.

Pneus usés type PL =  $241\ 494 + 92\ 990 + 42\ 278 = 376\ 762$  pneus.

Selon Aliapur : 1 tonne de PUNR = 139 pneus type VL = 18,5 pneus type PL = 2m<sup>3</sup> pneus broyés [4].

Une autre estimation du gisement pneumatique usagé en Algérie est proposée. Elle est basée sur le tonnage de pneus neufs entrants en circulation. Les pneus neufs en Algérie sont, soit produits localement, soit importés. Sachant que les pneus neufs destinés au remplacement de pneus usés sont essentiellement des pneus importés, en 2010 et selon le ministère du commerce et ALGEX l'Algérie a importé une quantité de 84,89 milliers de tonnes des pneumatique en caoutchouc [5].

### I.3. VALORISATION DES PNEUS USAGES :

Le pneu usagé est un pneu qui a complété un cycle de vie réorienté ensuite vers l'industrie du rechapage ou de la vente de pneus d'occasions. Quant au pneu hors usage, il est inapte à reprendre la route qui doit être éliminé. Toutefois, dans la littérature, les pneus usagés désignent les pneus usagés réutilisables et les pneus hors usage sont les pneus usagés non réutilisables [6]. Dans notre vocabulaire, les pneus usagés sont les pneus usagés non réutilisables ou encore les pneus hors usage.

Les pneus usagés sont utilisés sous différentes formes dans les applications industrielles telles que les infrastructures routières, le remplissage d'aire de jeux, le domaine du génie civil et de nombreux autres produits. La solution économique viable est le broyage et le granulage permettant de recycler 100% le pneu. Il existe deux voies de valorisation des pneus usagés qui sont pratiquées : la valorisation énergétique et la valorisation matière [1,3].

### I.3.1. Techniques de valorisation des pneus dans le secteur du génie civil :

Les pneus usagés, sont réutilisés sous forme des granulats de construction, déchiquetés ou broyés, à différentes tailles, selon le type d'application. Les autres constituants des pneus (aciers, fibres), sont séparés et peuvent être valorisés aussi à part. L'organigramme ci-dessous montre les modes de valorisation des déchets de caoutchouc dans le domaine de génie civil. Les particules de caoutchouc, présentent des caractéristiques chimiques et physiques semblables à celles du caoutchouc vierge.

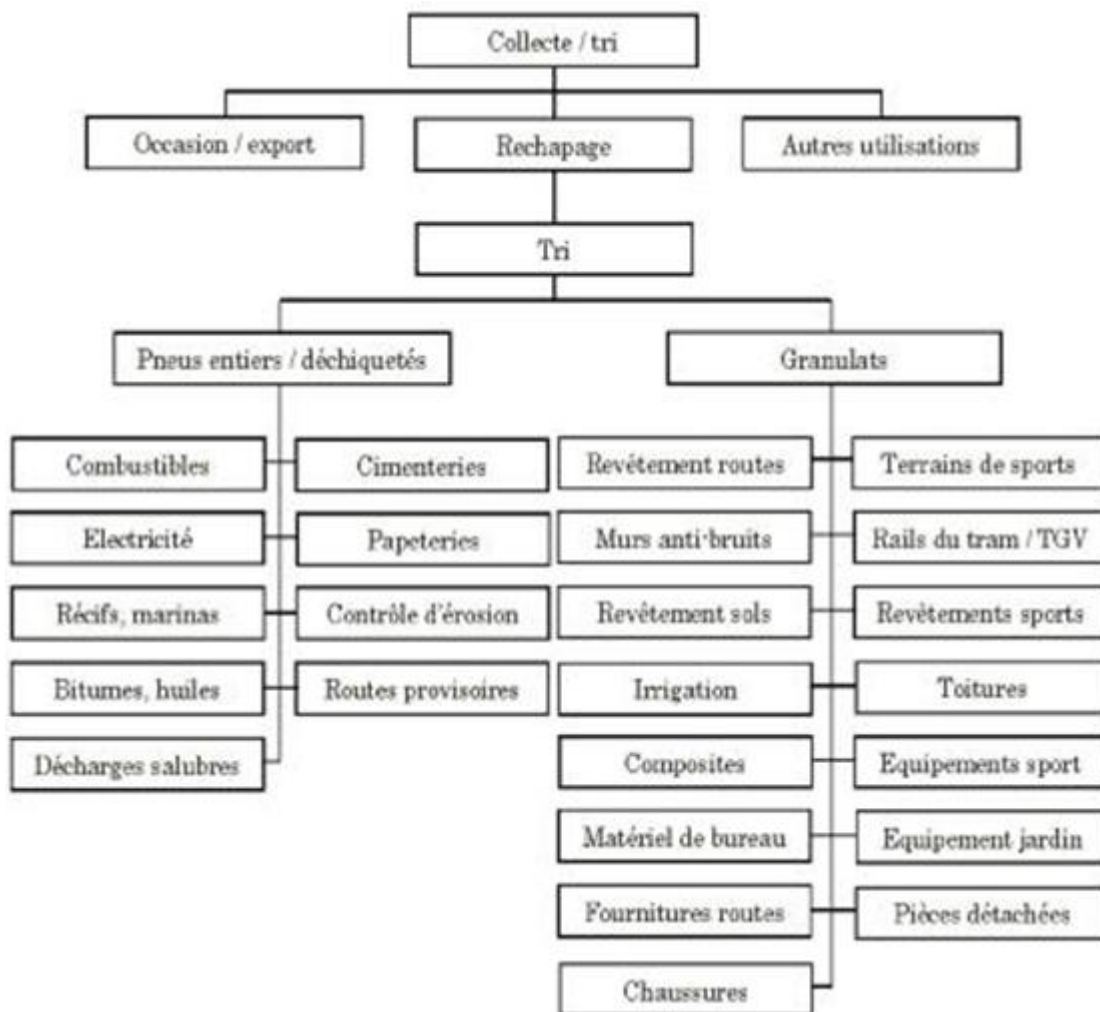


Figure I.3 : Schéma des différentes filières de valorisation



Figure I.4: Différents demi-produits issus du broyage des pneus usagés [1].

### I.3.2. Usage des poudrettes et des granulats de caoutchouc dans le domaine routier :

Le broyage poussé permet d'obtenir un matériau de granulométrie inférieur à 1,2 mm, utilisable en technique routière. Il a été estimé par Trivalor que son utilisation sur les chantiers routiers entraîne un surcoût de 10 % par rapport à l'emploi d'un bitume non modifié. Cette différence est compensée par la durée de vie supérieure du bitume traité et par les propriétés thermiques meilleures. Les bitumes mélangés avec poudrettes de caoutchouc permettent également de :

- ✓ limiter les nuisances sonores
- ✓ d'améliorer la sécurité des automobilistes sur routes mouillées.
- ✓ de limiter les nuisances à l'environnement par une limitation du salage en hiver pour les pays froids, du fait d'une meilleure tenue de route à hautes et à basses températures.
- ✓ Les poudrettes ou les granulés pourraient être utilisés en combinaison avec d'autres matériaux comme les bétons et les mortiers

La poudrette est utilisée en combinaison avec des liants pour réaliser des murs anti-bruit, des dalles de sol pour les aires de jeux et des pistes d'athlétisme.

### I.3.3. La technique Pneu sol :

Le Pneu sol est formé par l'association de pneus usagés non rechapables (poids lourds ou tourisme) entiers, partiellement découpés (enlèvement d'un flanc), ou totalement découpés (deux flancs et une bande de roulement) et de sols pulvérulents, cohérents ou déchetés. Les éléments de pneus, sont utilisés comme renforts du massif de sol, les bandes de roulement ou les flancs, sont découpés et associés en nappe par des attaches. Ces bandes peuvent être posées sur chant ou aplaties. Dans le cas de l'emploi des flancs, ceux-ci sont posés à plat. Cette technique développée au Laboratoire Central des Ponts et

Chaussées à Paris par Dr Nguyen Thanh LONG Ingénieur du LCPC, est largement diffusée depuis 1982. Les différentes applications concernent des ouvrages de soutènement, des ouvrages réducteurs de poussées ou de charges, des murs anti-bruit, des ouvrages de protection des berges et des pentes et talus. Plus de 12 ouvrages Pneu sol Anti Marston, sont réalisés en Algérie en 1986 [7].



**Figure I.5 :** Chantier expérimental Pneu sol à Bou-Ismaïl [3].

**Tableau I.4 :** Ouvrages Pneu sol réalisés [3].

| Types d'ouvrage                      | Lieu de réalisation  | Nombre d'ouvrage |
|--------------------------------------|--|------------------|
| Ouvrage de soutènement               | Mur de soutènement provisoire<br>Métro d'Alger (2002)                                      | 1 Ouvrage        |
| Stabilité de talus                   | Renforcement d'un talus<br>Evitement de la ville de<br>Bousmail Wilaya de<br>Tipaza (2005) | 1 Ouvrage        |
| Protection contre les<br>glissements | Wilaya de Bejaia (2006)  | 1 Ouvrage        |
| Stabilité de talus                   | Modernisation de la RN 11-<br>Wilaya de Mostaganem (2007)                                  | 1 Ouvrage        |
| Répartiteur de contrainte            | Ain Temouchent (1986)  | 12 Ouvrage       |
| Digue de Protection                  | Pont de Bou Arfa - Wilaya<br>de Blida (2008)   | 1 Ouvrage        |

### **I.3.4. Le TDA "Tires Derived Aggregate" (Agrégats dérivés des pneus) :**

Ce sont des pneus usés déchiquetés avec différentes formes, dont les tailles varient de 50 et 300 mm. Les copeaux de pneus sont mélangés à du sable avec des proportions volumiques souvent égales. L'utilisation du TDA en Génie Civil, fait l'objet de la norme ASTM 6270-98.

### **I.3.5. La technique Tires balle :**

Cette technique utilise des pneus usés, généralement de véhicules légers (approximativement une centaine de pneus). Les balles de pneus ayant des formes pratiquement parallélépipédiques sont confectionnées à l'aide d'une presse et attachées par des câbles galvanisés ou en acier inoxydable.

### **I.3.6. La technique Tirecel :**

Les deux flancs des pneus, souvent de véhicules légers, sont enlevés et la bande de roulement ainsi obtenue, est attachée afin de former des cellules en forme du chiffre arabe 8. Les cellules de pneus sont associées au sable

## **I.4. GENERALITES SUR LES BITUMES :**

### **I.4.1. Définition et historique:**

On désigne sous le nom de liants hydrocarbonés des substances constituées essentiellement d'assemblage d'atomes de carbone et d'hydrogène qui, au contact de particules solides telles que les granulats, développent des forces d'adhésion et de cohésion, assurant de la sorte une certaine rigidité et une résistance à la déformation en traction. On distingue trois familles de liants hydrocarbonés; les liants naturels, les goudrons et les bitumes. Actuellement, on utilise principalement le bitume, mélange complexe de composés hydrocarbonés, provenant quasiment et exclusivement du traitement du pétrole brut [8-10].

Le bitume est un sous-produit d'hydrocarbures lourds, résidu noir de pétrole brut obtenu soit par distillation naturelle, soit par distillation en raffinerie. Les bitumes de distillation directe sont utilisés pour la confection d'enrobés à chaud. Le bitume est un matériau léger, ductile et souple doté de bonnes propriétés d'adhérence, de plasticité, d'élasticité. Il est très peu réactif, insoluble dans l'eau, inerte à de nombreux agents chimiques, comme il est soluble dans de nombreux solvants organiques. Bien que le bitume soit dur ou semi dur à la température atmosphérique ordinaire, celui-ci peut être liquéfié par chauffage, dissout dans des solvants pétroliers ayant différentes volatilités, ou en émulsionné par addition d'une huile de fluxage [8-10].

#### I.4.2. Provenance du bitume

Selon l'origine du bitume routier, on distingue trois types de provenance, ils'agit de;

**I.4.2.1 Bitume pur :** Il est obtenu par raffinage de bruts pétroliers et ne comporte aucun ajout. D'après son mode de fabrication, on peut obtenir un bitume dont la consistance est variable. Les conditions climatiques et le type de projet déterminent le choix du type approprié. On distingue ainsi plusieurs types de bitume allant du plus dur au plus mous identifiés par les classes : 20/30, 40/50, 80/100, ...

**I.4.2.2. Bitume naturel :** Le bitume existe à l'état naturel sous forme de résidu d'anciens gisements de pétrole dont les éléments les plus légers ont été éliminés au cours du temps par une sorte de distillation naturelle. Les gisements de bitume naturel se présentent soit comme de véritables lacs ou sous forme de filons en sous-sol. Le plus connu des bitumes naturels est le bitume de Trinidad qui relève du premier type de gisement.

**I.4.2.3. Asphalte naturel :** L'asphalte naturel est constitué par une roche calcaire imprégnée d'hydrocarbures lourds (jusqu'à 20%). L'asphalte naturel entre traditionnellement dans la composition de l'asphalte coulé. Il peut également être utilisé comme appoint dans les enrobés auxquels il apporte du liant et des fines.

#### I.4.3. Fabrication des bitumes

Tous les bitumes sont issus de la distillation du pétrole brut, ils sont le résultat de l'élimination des huiles servant de solvants par évaporation ou distillation. Les principaux modes de fabrication des bitumes sont au nombre de quatre:

**a. la distillation directe en raffinerie** qui permet de séparer les fractions légères du pétrole (essences, kérosène, gaz, ...) des fractions lourdes, ces dernières étant ensuite distillées sous vide pour produire fuels, huiles et bitume. La distillation directe des bruts est effectuée dans une unité particulière de raffinerie comportant une tour «atmosphérique» suivie d'une autre tour «sous vide».

**b. le soufflage** les bitumes oxydés ou bitumes soufflés, réservés à des usages industriels, sont obtenus par l'injection d'air dans le résidu de la distillation sous vide, à une température élevée (280 °C en moyenne).

L'objectif principal de ce mode de fabrication est l'optimisation des caractéristiques du bitume.

**c. le désalphaltage** utilisé pour des résidus sous vide ayant une teneur en fractions lubrifiantes trop importante et consiste à traverser le résidu sous vide par un courant ascendant de solvant : la différence de solubilité des

fractions bitumineuses vis-à-vis du solvant employé permet alors d'obtenir le bitume souhaité.

**d. le craquage** : est un procédé de raffinage qui a pour but de transformer, en présence d'un catalyseur, les coupes lourdes à longues chaînes d'hydrocarbures en coupes légères pour être utilisées dans la fabrication du carburant. On notera qu'à haute température (450 à 550 °C) et à pression atmosphérique, les grosses molécules hydrocarbonées sont cassées pour avoir de petites molécules ayant un indice d'octane élevé. [9-10]. Sachant que de tels processus pourraient se produire dans la nature, au niveau des couches souterraines, les bitumes proviennent en conséquence de deux sources: naturelle ou industrielle.

## **I.5. REVUE SUR L'INCORPORATION DE GRANULAT DE CAOUTCHOUC DANS LE BETON BITUMINEUX POUR SOLS SPORTIFS DURABLES**

### **I.5.1. Introduction**

L'utilisation de déchets de caoutchouc, notamment les pneus usagés, représente un défi environnemental majeur. Transformer ces déchets en granulats de caoutchouc (GCR) pour les incorporer dans l'asphalte offre une solution durable et économiquement viable. Cette approche permet non seulement de réduire l'accumulation de déchets, mais aussi d'améliorer les propriétés mécaniques et la durabilité des mélanges bitumineux, particulièrement dans des environnements climatiques extrêmes [11]. Ce projet de start-up vise à explorer ce potentiel en utilisant un procédé à chaud, en se concentrant sur l'amélioration des sols sportifs en béton bitumineux

### **I.5.2. Contexte et Défis Actuels**

Les conditions climatiques de plus en plus rigoureuses, telles que les températures élevées dans les zones désertiques, mettent à rude épreuve les infrastructures routières et sportives. Les mélanges d'asphalte conventionnels présentent des limitations en termes de résistance à la compression, de flexibilité et d'évolutivité, ce qui conduit à une dégradation prématurée et à des coûts de maintenance élevés [12]. Face à ces défis, il est impératif de développer des liants bitumineux plus résistants et efficaces

### **I.5.3. Utilisation de Granulats de Caoutchouc (GCR) dans le béton bitumineux**

L'ajout de GCR dans le béton bitumineux est une technique prometteuse pour améliorer ses performances. Le GCR peut être incorporé selon deux principaux procédés : le procédé humide et le procédé sec

- **Procédé Humide (WetProcess) :** Le GCR est mélangé avec le bitume à haute température avant d'ajouter les agrégats. Ce procédé permet une meilleure interaction entre le bitume et le caoutchouc, améliorant ainsi les propriétés du liant [13].
- **Procédé Sec (Dry Process) :** Le GCR est ajouté directement aux agrégats avant l'ajout du bitume. Ce procédé est souvent plus simple à mettre en œuvre mais peut nécessiter des ajustements de formulation pour assurer une bonne homogénéité du mélange [14].

#### I.5.4. L'effet des GCR sur les Propriétés Mécaniques du béton bitumineux

L'incorporation de GCR dans le béton bitumineux a démontré des améliorations significatives dans plusieurs domaines clés :

- **Résistance à la Compression :** Les mélanges modifiés avec du GCR présentent une meilleure résistance à la compression, ce qui est crucial pour supporter les charges dynamiques et statiques sur les sols [15].
- **Évolutivité (Scalability) :** L'utilisation de GCR permet de créer des mélanges bitumineux adaptables à différentes applications et conditions de charge, offrant ainsi une plus grande flexibilité dans la conception des infrastructures [16].
- **Flexibilité :** L'ajout de GCR améliore la flexibilité du béton bitumineux, réduisant ainsi les risques de fissures et de déformations permanentes sous l'effet des variations de température et des charges répétées [17].

#### I.5.5. Applications dans les Sols Sportifs

Les sols sportifs en béton bitumineux modifiés avec du GCR présentent plusieurs avantages :

- **Réduction des Blessures :** La flexibilité accrue de l'asphalte réduit l'impact sur les articulations des sportifs, diminuant ainsi les risques de blessures [18].
- **Durabilité Accrue :** La résistance à la compression et à la déformation améliore la longévité des sols sportifs, réduisant les besoins de maintenance et de remplacement.
- **Adaptabilité aux Zones Désertiques :** Les mélanges bitumineux modifiés avec du GCR sont mieux adaptés aux températures élevées et aux variations thermiques importantes, assurant ainsi la durabilité des infrastructures sportives dans les zones désertiques comme le sud de notre pays.

#### I.5.6. Défis et Solutions Potentielles

Malgré les nombreux avantages, l'utilisation de GCR dans le béton bitumineux présente des défis :

- **Stabilité au Stockage :** Les bitumes modifiés avec du caoutchouc peuvent présenter des problèmes de stabilité au stockage à haute température, avec une séparation des phases.

L'ajout de modificateurs et l'activation de la surface du GCR peuvent améliorer cette stabilité.

- **Leaching de Métaux :** Le GCR peut potentiellement libérer des métaux dans l'environnement. L'utilisation de GCR avec revêtement polymère ou d'autres techniques de stabilisation peut réduire ce risque
- **Odeur :** Les bitumes modifiés avec du caoutchouc peuvent dégager des odeurs désagréables. L'ajout d'additifs et l'utilisation de techniques de mélange appropriées peuvent minimiser ces odeurs

### **I.5.7. Études de Cas et Recherches Récentes**

Plusieurs études récentes mettent en évidence les avantages de l'utilisation de GCR dans le béton bitumineux :

- Une étude [16] a montré que les mélanges tièdes bitumineux avec du GCR et du basalte vésiculaire présentent d'excellentes propriétés mécaniques, tout en réduisant la température de mise en œuvre.
- Une recherche [17] a comparé les performances des bitumes modifiés avec du GCR et du SBS (styrène-butadiène-styrène), concluant que le GCR améliore significativement la résistance à la fatigue et la rigidité des mélanges bitumineux [13] .
- D'autre étude ont démontré que l'ajout de graphène poreux 3D (3DPG) améliore la compatibilité du SBS et du GCR dans le béton bitumineux, augmentant ainsi la résistance à la déformation et la durabilité

## **I.6.IMPACT DE L'INCLUSION DU CAOUTCHOUC DE PNEUS DANS BÉTON BITUMINEUX SUR LA RÉDUCTION DU BRUIT :**

L'ajout de caoutchouc de pneus usagés, sous forme de caoutchouc broyé (crumbrubber), aux mélanges bitumineux offre plusieurs avantages en matière de réduction du bruit. Les chaussées en asphalte modifié par du caoutchouc broyé (CRMA) ont démontré leur capacité à réduire le bruit de la circulation, un problème majeur dans les zones urbaine. Les CRMA peuvent réduire le bruit grâce à plusieurs mécanismes[19,20]:

### **I.6.1. Absorption acoustique:**

La structure poreuse des mélanges bitumineux contenant du caoutchouc broyé augmente l'absorption du bruit. Les vides dans le revêtement permettent d'absorber les ondes sonores au lieu de les réfléchir, réduisant ainsi le bruit perçu[19,20].

- **Amortissement des vibrations:**

Le caoutchouc, de par ses propriétés viscoélastiques, amortit les vibrations causées par le contact des pneus avec la chaussée [7]. Cela réduit l'énergie sonore générée à la source.

- **Texture de surface:**

L'ajout de caoutchouc broyé peut modifier la texture de la surface de la chaussée, réduisant ainsi le bruit de contact pneu-chaussée. Une texture optimisée peut minimiser la génération de bruit sans compromettre l'adhérence.

### **I.6.2. Types de chaussées et techniques d'incorporation du caoutchouc:**

Plusieurs types de chaussées peuvent être améliorés par l'ajout de caoutchouc broyé pour réduire le bruit :

#### **I.6.2.1. Béton bitumineux poreux:**

Ces chaussées sont spécialement conçues pour avoir une porosité élevée, ce qui améliore l'absorption acoustique. L'ajout de caoutchouc broyé au béton bitumineux poreux peut encore améliorer ses performances en matière de réduction du bruit.

#### **I.6.2.2. Béton bitumineux dense:**

Bien que moins efficaces que les asphaltes poreux en termes d'absorption acoustique, les asphaltes denses modifiés par du caoutchouc broyé peuvent également réduire le bruit grâce à l'amortissement des vibrations et à la modification de la texture de surface .

#### **I.6.2.3. SMA (Stone Mastic Asphalt):**

Les SMA sont des mélanges riches en granulats qui offrent une bonne durabilité. L'ajout de caoutchouc broyé aux SMA peut améliorer leur capacité à réduire le bruit tout en maintenant leur durabilité structurelle.

Le caoutchouc broyé peut être incorporé aux mélanges bitumineux selon deux principaux procédés:

- **Procédé à voie sèche (Dry Process):**

Le caoutchouc broyé est mélangé aux granulats avant l'ajout de l'asphalte.

- **Procédé à voie humide (Wet Process):**

Le caoutchouc broyé est mélangé à l'asphalte pour créer un liant modifié avant d'être mélangé aux granulats. Ce procédé permet une meilleure dispersion du caoutchouc et une interaction plus efficace avec l'asphalte.

### **I.6.3. Performance et durabilité :**

Bien que les chaussées en CRMA offrent des avantages en matière de réduction du bruit, leur durabilité est une préoccupation importante. Plusieurs études ont montré que les CRMA peuvent avoir une durabilité comparable, voire supérieure, à celle des bétons bitumineux conventionnels, à condition que le mélange soit correctement conçu et mis en œuvre. L'ajout de caoutchouc

broyé peut améliorer la résistance à l'orniérage, à la fatigue et aux fissures. Cependant, la stabilité au stockage des liants AR peut être un problème. L'ajout de nano-argile peut améliorer la stabilité au stockage.

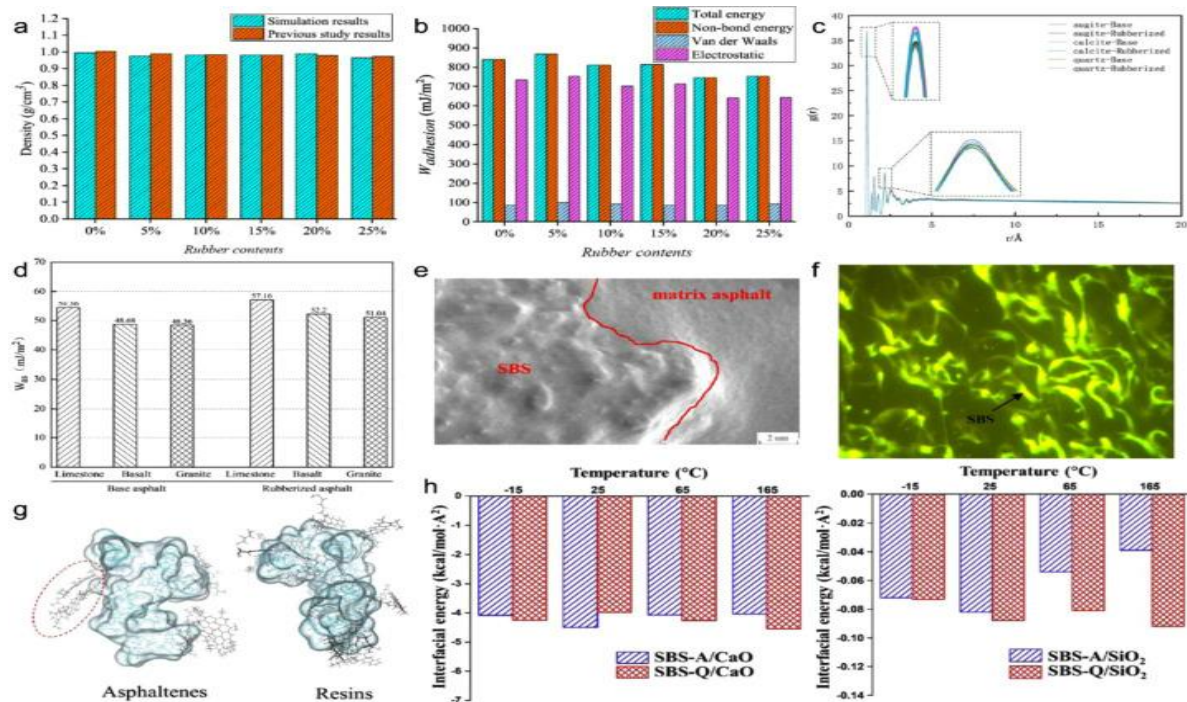


Figure.I.6. L'image ci-dessus montre la microstructure d'un béton bitumineux modifié par du caoutchouc

### I.6.4. Impact environnemental

L'utilisation de caoutchouc broyé dans le béton bitumineux contribue à la gestion des déchets de pneus, un problème environnemental majeur. Cependant, il est important de prendre en compte les aspects environnementaux liés à la lixiviation de métaux potentiellement toxiques. Des études ont montré que les mélanges bitumineux modifiés avec du caoutchouc broyé peuvent libérer des métaux dans l'environnement, mais que ce relargage dépend des technologies utilisées (procédés sec ou humide). Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer pleinement l'impact environnemental à long terme et pour développer des techniques d'atténuation.

### I.7. IMPORTANCE DE CRÉATION D'UNE ENTREPRISE DE TYPE START UP DE FABRICATION DE BÉTON BITUMINEUX :

Les avantages de cette entreprise de type start-up spécialisée dans la fabrication, la vente, l'entretien et la réalisation de projets dans le domaine de la construction, notamment en valorisant les déchets de pneus via l'incorporation dans le béton et le béton bitumineux, sont multiples et significatifs :

**I.7.1. Contribution à la protection de l'environnement :**

- Valorisation des déchets de pneus usagés, réduisant ainsi leur accumulation dans les décharges ou leur incinération polluante.
- Réduction de l'impact environnemental en transformant des déchets en matériaux de construction durables.
- Diminution de la pollution liée aux pneumatiques non recyclés, notamment en Algérie où la gestion de ces déchets pose problème.

**I.7.2. Innovation et développement technologique :**

- Mise en œuvre de techniques innovantes telles que l'incorporation de granulats de caoutchouc dans le béton et le béton bitumineux.
- Participation à la recherche et au développement de matériaux de construction écologiques et performants.
- Possibilité d'adopter des procédés à la pointe de la technologie pour améliorer la durabilité et la résistance des matériaux.

**I.7.3. Avantages économiques:**

- Création d'une filière de recyclage rentable, réduisant les coûts liés à la gestion des déchets de pneus.
- Possibilité de vendre des matériaux de construction innovants à forte valeur ajoutée, répondant à une demande croissante pour des solutions durables.
- Création d'emplois dans le secteur du recyclage, de la fabrication de matériaux, et de la réalisation de projets.

**I.7.4. Réponse aux enjeux de développement durable:**

- Alignement avec les politiques de développement durable et de responsabilité sociétale.
- Soutien à la transition vers une économie circulaire en valorisant les coproduits industriels.
- Amélioration de l'image de l'entreprise et de ses partenaires en termes de responsabilité environnementale.

**I.7.5. Réduction des coûts d'entretien et de maintenance des infrastructures:**

- Les matériaux modifiés avec du caoutchouc offrent une meilleure résistance à la fissuration, à l'usure, et aux variations de température.
- Longévité accrue des projets de construction, notamment pour les routes, sols sportifs et autres infrastructures.

**I.7.6. Diversification des activités et des marchés :**

- Possibilité d'étendre les activités dans le domaine des travaux publics, de l'hydraulique, et de la construction durable.
- Ouverture à des marchés locaux, régionaux et internationaux en proposant des solutions innovantes et écologiques.

**I.7.7. Impact social positif :**

- Contribution à la gestion des déchets, améliorant la qualité de vie locale.
- Valorisation des déchets locaux, créant un cercle vertueux pour la communauté.
- Promotion d'une industrie verte et responsable dans la région.

**I.7.8. Positionnement stratégique et avantage concurrentiel :**

- Se positionner comme une entreprise innovante et respectueuse de l'environnement, ce qui peut attirer des clients publics et privés soucieux de durabilité.
- Possibilité d'obtenir des certifications et des labels verts, renforçant la crédibilité et la visibilité de l'entreprise

**I.8. LES APPLICATIONS DU BÉTON BITUMINEUX DANS LE DOMAINE DE LA CONSTRUCTION ET DES AVANTAGES :**

L'état de l'art sur l'utilisation du béton bitumineux incorporant des granulats de caoutchouc issus des pneus usés dans la construction, notamment pour les routes et les travaux publics, montre un domaine en pleine évolution, motivé par des enjeux environnementaux, économiques et techniques.

**I.8.1. Contexte et motivations :**

L'accumulation de pneus usés constitue un défi environnemental majeur, car leur recyclage ou leur valorisation est cruciale pour réduire la pollution et la consommation de ressources naturelles. Le recours au caoutchouc recyclé dans le domaine de la construction routière permet de valoriser ces déchets tout en améliorant certaines propriétés mécaniques et environnementales du béton bitumineux.

**I.8.2. Composition et propriétés du béton bitumineux modifié au caoutchouc :**

Le béton bitumineux modifié au caoutchouc (BBMC) incorpore généralement des granulats de caoutchouc provenant de pneus recyclés sous forme de particules ou de granulats. Ces granulats peuvent représenter entre 5% et 20% en poids du mélange. Leur incorporation modifie la viscosité, la flexibilité, la résistance à la fissuration, la performance aux basses températures, ainsi que l'amortissement des vibrations.

**I.8.3. Avantages techniques et environnementaux:**

- Amélioration de la flexibilité et de la résistance à la fissuration :

Le caoutchouc confère au mélange une meilleure capacité à absorber les contraintes thermiques et mécaniques, réduisant ainsi la formation de fissures.

- Réduction du bruit :

Le caoutchouc absorbe mieux les vibrations et le bruit, ce qui est bénéfique dans le contexte urbain.

- Valorisation des déchets :

L'utilisation de granulats de caoutchouc permet de recycler efficacement des pneus usés, contribuant à une gestion durable des déchets

#### **I.8.4. Limitations et défis techniques**

- *Compatibilité avec les liants :*

L'adhérence entre le caoutchouc et le liant bitumineux peut poser problème, nécessitant des traitements ou des adjuvants spécifiques

- *Variabilité des granulats :*

La qualité et la granulométrie du caoutchouc influencent fortement les performances du mélange.

- *Coûts et durabilité :*

La fabrication et le recyclage du caoutchouc peuvent engendrer des coûts supplémentaires, et la durabilité à long terme nécessite encore des études approfondies.

#### **I.8.5. Recherches et développements récents :**

Plusieurs études ont démontré que le béton bitumineux modifié au caoutchouc présente une résistance mécanique comparable à celle des bétons classiques, tout en offrant une meilleure résistance aux cycles thermiques et une réduction du bruit de roulement. Des expérimentations en laboratoire et sur site ont permis d'optimiser les proportions de granulats de caoutchouc et de développer des formulations adaptées aux exigences des infrastructures routières.

#### **I.8.6. Applications pratiques et projets pilotes :**

De nombreux pays, notamment en Europe, en Amérique du Nord et en Asie, ont expérimenté ou adopté cette technique dans le cadre de projets pilotes ou à grande échelle pour la construction de chaussées, pistes cyclables, et revêtements urbains. Les bétons bitumineux, également appelés enrobés ou asphaltes, ont de nombreuses applications pratiques dans différents domaines grâce à leurs propriétés d'étanchéité, de durabilité et de résistance. Voici quelques exemples spécifiques dans les domaines que vous mentionnez :

- **Aires de jeux :**

- Revêtements de sécurité : Les bétons bitumineux peuvent être utilisés pour créer des surfaces de jeux durables et résistantes aux intempéries, notamment en intégrant des granulats spécifiques pour améliorer l'amortissement et réduire le risque de blessures.

- Chemins d'accès : Utilisation pour les voies d'accès aux aires de jeux afin d'assurer une circulation aisée tout en étant résistante à l'usure.



Figures.I.7. Exemples de couche de roulement et des pistes sportives fabriquées par le béton bitumineux incluant les Granulats de caoutchouc des pneus.

➤ **Couche de nivellement des routes :**

- Couche de base ou de nivellement : Les bétons bitumineux servent souvent de couche intermédiaire dans les chaussées pour assurer une surface plane, répartir les charges et améliorer la stabilité de la route.
- Réparations rapides : Leur capacité à être rapidement mis en œuvre permet de réparer efficacement les déformations ou nids-de-poule.

➤ **Pistes d'athlétisme :**

- Surfaces de course : Des formulations spécifiques de bétons bitumineux peuvent être utilisées pour créer des pistes d'athlétisme en offrant une surface résistante, amortissante et adaptée à la course.
- Résistance aux intempéries : Leur étanchéité permet de maintenir la qualité de la surface même en cas de pluie ou de variations climatiques



**Figure.I.8.** Exemple de piste d'athlétisme réalisé en béton bitumineux incluant les granulats de caoutchouc des pneus.

#### **I.8.7. Perspectives futures :**

Les recherches se poursuivent pour améliorer l'adhérence, augmenter la durabilité, réduire les coûts, et développer des formulations plus performantes. L'intégration de nanotechnologies, de liants modifiés, et l'utilisation de granulats de caoutchouc traités sont des axes prometteurs.

### **I. 9. CONCLUSION**

L'incorporation de granulat de caoutchouc dans le béton bitumineux représente une solution prometteuse pour améliorer la durabilité et la performance des sols sportifs, en particulier dans les zones désertiques. Les améliorations significatives en termes de résistance à la compression, d'évolutivité et de flexibilité, combinées aux avantages environnementaux liés à la valorisation des déchets de caoutchouc, en font une option viable et durable pour l'avenir. En relevant les défis techniques et environnementaux, cette approche peut contribuer à la création d'infrastructures sportives plus sûres, durables et respectueuses de l'environnement. De plus, l'utilisation du béton bitumineux incorporant des granulats de caoutchouc issus des pneus usés constitue une solution innovante et durable pour la construction routière et les travaux publics. Elle permet de valoriser un déchet massif tout en améliorant certaines propriétés mécaniques et environnementales des chaussées. Toutefois, des défis techniques et économiques subsistent, nécessitant une recherche continue pour optimiser ces matériaux et garantir leur performance à long terme.

## **CHAPITRE II**

### Matériaux, méthodes expérimentales et résultats

## II.1. Introduction :

Dans cette section, nous abordons la partie expérimentale consacrée à la valorisation des granulats de caoutchouc dans les domaines du génie civil, des infrastructures routières et sportives. Nous présenterons les matériaux utilisés pour la formulation des différents types d'enrobés élaborés. Sont également décrits quelques essais réalisés afin d'évaluer les propriétés des mélanges testés. Des photographies illustrent certains mélanges préparés dans l'entreprise de M. Ben nacer à R'MADA, située à Sétif.

Au cours de la fabrication des échantillons, nous avons rencontré plusieurs difficultés liées au matériel utilisé. En effet, l'équipement de l'entreprise mentionnée n'est pas adapté à la production de béton bitumineux incorporant des granulats de caoutchouc issus de pneus, car il est conçu uniquement pour la fabrication de béton bitumineux classique sans ces granulats. Pour réaliser un béton bitumineux contenant du caoutchouc, il est nécessaire d'utiliser une installation spécifique conçue pour ce type de produit.

Afin de pallier cette limitation, nous proposons dans ce mémoire la création d'une start-up spécialisée dans la fabrication de bétons bitumineux intégrant des déchets de caoutchouc. Cette démarche permettrait de développer et d'optimiser la production de ces matériaux innovants, contribuant ainsi à la valorisation des déchets de pneus tout en répondant aux besoins du secteur routier et civil.

## II.2. Les matériaux utilisés :

La campagne expérimentale a été réalisée moyennant les matériaux suivants :

- □ bitumes de grade 40/50
- □ agrégats 0/14 pour BB
- □ granulats de caoutchouc

|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   |   |
| <p><b>Bitume 40/50</b></p>  | <p><b>Granulat de caouatchouc</b></p>   |   |
|  |  |  |
| <p><b>Sable0/3</b></p>  | <p><b>Gravier3/8</b></p>  | <p><b>Gravier8/15</b></p>   |

Figure.II.1. Les matériaux utilisés pour fabriquer le béton bitumineux modifié

## II.3. ESSAIS ET ANALYSES DES MATERIAUX EN LABORATOIRE:

### II.3.1. Analyse des agrégats:

Les agrégats constitués par les fractions (Gravier 8/15, Gravier 3/8, et le sable concassé 0/3), proviennent de la carrière BELHADI-AIN LAHDJAR -SETIF- Ont été soumis au programme des essais suivantes:

#### a/ Sur agrégats:

- **caractéristiques des fabrications:**

- \* Analyse granulométrique
- \* Essai équivalent de sable (ES)
- \* Essais de coefficient d'aplatissement (A)
- \* Essais de propreté superficielle (P)

- **caractéristiques d'intrinsèques:**

- \* Essais Los Angeles (LA)
- \* Essai Microdeval (MDE)
- \* Essai de détermination du poids spécifiques
- \* Essai de détermination du teneur en carbonate du calcium (  $\text{CaCO}_3$  )

#### b/ Sur mélanges hydrocarbonés:

- \* Essai MARSHALL

### II.3.1. 1. Sur agrégats:

❖ **caractéristiques des fabrications:**

a. **Gravier:**

- **Granularité et propreté superficielle:**

**Tableau II.1** : caractérisation des granulats (Gravier)

| Désignation  | Granularité    | Granularité: Passant (%) |                |                 |               |       | Propreté superficielle P (%) |
|--|----------------|--------------------------|----------------|-----------------|---------------|-------|------------------------------|
|  |                | 1.58D                    | D              | $\frac{D+d}{2}$ | d             | 0.63d |                              |
| <b>Carrière BELHADI-R'MADA- SETIF</b>                      | Gravillon 3/8  | 100                      | 95             | 50              | 5             | -     | 0.99                         |
|  | Gravillon 3/15 | 100                      | 97             | 50.5            | 4             | -     | 0.89                         |
| Norme de spécification NF P 18-560                         | Vsi=99         | Li=85<br>Ls=99           | Li=30<br>Ls=70 | Li=85<br>Ls=99  | Li=1<br>Ls=20 | Vss=5 | Vss=1.0                      |
| <b>Détermination de coefficient d'apalattissement (A):</b> |                |                          |                |                 |               |       |                              |
| Gravier 3/8  |                | A (%)                    |                |                 |               |       |                              |
| Gravier 8/15   |                | 23                       |                |                 |               |       |                              |
| Norme de spécification NF P 18-561                         |                | 19                       |                |                 |               |       |                              |

**b. Sable****Tableau II.2** : caractérisation du sable concassé

| <b>Granularité:</b>                             |                          |          |    |            |                                 |                               |
|---|--------------------------|----------|----|------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Désignation                                     | Granularité: Passant (%) |          |    |            | DENSITE APPARENTE<br>( $T/M3$ ) | DENSITE ABSOLUE<br>( $T/M3$ ) |
|   | 1.58D                    | 1.25d    | D  | < 80 $\mu$ |                                 |                               |
| <b>Carrière BELHADI-R'MADA- SETIF</b>           | 100                      | 100      | 97 | 16         | 1.61                            | 2.61                          |
| Norme de spécification NF P 18-560              | -                        |          |    |            |                                 |                               |
| <b>Essais d'équivalents de sable 0/3 (PS%):</b> |                          |          |    |            |                                 |                               |
| GRANULATS                                       |                          | PS (%)   |    |            |                                 |                               |
| Sable cocassé 0/3                               |                          | 75       |    |            | 72                              |                               |
| Norme de spécification NF P 18-519              |                          | Vsi = 60 |    |            |                                 |                               |

❖ **caractéristiques d'intrinsèques****Tableau II.3** : Détermination des densités apparentes et absolues:

| GRANULATS                              | densités apparentes | densités absolues |
|--|---------------------|-------------------|
| Gravier 3/8                            | 1.47                | 2.59              |
| Gravier 8/15                           | 1.42                | 2.60              |
| Norme de spécification NF P 18-554-555 | -                   |                   |

## 1. Micro-Deval MDE et Los Angeles LA:

**Tableau II.4 :** Mesure de la résistance à l'usure et la fragmentation des granulats,

| GRANULATS                              | MDE( %)            | LA ( %) |
|--|--------------------|---------|
| Gravier 3/8                            | 20.4               | 23.4    |
| Gravier 8/15                           |                    |         |
| Norme de spécification NF P 18-572-573 | MDE + LA $\leq$ 45 |         |

### ➤ Classification des gravillons et sable:

Après analyses et identification des matériaux destinés à la composition de béton bitumineux drainant BBDr 0/14, ces derniers ont été classés par catégories selon les normes de spécification. Les gravillons et le sable destinés à la composition des mélanges présentent des caractéristiques acceptables pour une catégorie B, Il s'agit de matériaux pouvant être utilisés pour la composition d'enrobés.

## 2. Détermination du teneur en carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>):

| GRANULATS | CaCO <sub>3</sub> |       |
|-----------|-------------------|-------|
| Graviers  | 88.10             | 91.50 |

Après l'examen de l'ensemble des résultats des essais effectués sur plusieurs échantillons gravier et des sable, les caractéristiques de fabrication montrent que les granulats de la carrière BELHADI- R'MADA-SETIF sont de nature calcaire rocheuse CaCO<sub>3</sub>>90%, ayant une granularité continue, et s'inscrivent dans le fuseau de spécification. La résistance à la fragmentation (LA) et la résistance à l'attrition (MDE) sont favorables pour des routes de fort trafic.

### II.3.1. 2. sur mélanges hydrocarbonés:

#### ➤ Liant (type 40/50)

Les bitumes purs utilisés dans notre partie expérimentale proviennent c'est le bitume pur de grade (40/50) souvent utilisés en Algérie en enrobés pour la confection des couches de roulement. Des essais de caractérisation ont été effectués sur ces derniers; Il s'agit des essais de pénétrabilité à l'aiguille (PEN à 25°C), de l'essai de ramollissement bille et anneau (TBA) ainsi que la détermination de la densité relative. Les caractéristiques usuelles du comme suite:

#### *a/- Essai de la pénétrabilité à 25°C NF T66-004*

L'essai consiste à mesurer l'enfoncement en dixième de mm d'une aiguille normalisée chargée à 100g dans un godet de bitume placé dans un bain thermostatique à 25°C pendant une durée de 5 secondes.

Cet essai donne les valeurs de pénétrabilité à 25°C compris entre 43 1/10mm et 47 1/10mm ( entre 40 et 50 ) ,donc il s'agit d'un liant de classe 40/50..

**b/- . Essai de la température de ramollissement du bitume bille et anneau (TBA) NF T66-008**

L'essai consiste à mesurer la température à laquelle une bille s'enfonce à travers le bitume remplissant le cercle intérieur d'un anneau de lation placé dans un bain thermostatique. On monte progressivement la température jusqu'au point où la bille passe à travers l'anneau. Dans nos échantillons cet essai a donné la température de  $54^{\circ}\text{C}$  ce résultat est conforme selon la norme de spécification de bitume pur de la classe 40/50 ( $47 < \text{TBA} < 60$ ).

**c/- Essai de détermination de la densité relative à  $25^{\circ}\text{C}$  :**

Cet essai à montre des valeurs de densité comprise entre 1.018 et 1.061, donc les résultats sont acceptables ( $47 < \text{TBA} < 60$ ).

**II.4. FORMULATION THEORIQUE :****II.4.1. Analyse des mélanges à blancs :**

- **mélange à blanc de béton bitumineux drainant BBDr 0/14 ( NON MODIFIER)**

L'étude de formulation du béton bitumineux drainant BBDr 0/14 consiste à définir le mélange optimal des différents granulats dont on dispose et qui seront destinés à la réalisation de la couche de roulement. Afin de déterminer la courbe optimale, plusieurs mélanges, à différentes proportions ont été effectués pour la composition granulaire du béton bitumineux drainant BINDER, la composition granulaire ainsi retenue est la suivante :

- sable 0/3 .....10%
- Gravier 3/8 .....43%
- Gravier 8/15 .....47%

**II.4.2. Analyse des mélanges à noire :**

- **mélange à noir de béton bitumineux drainant BBDr 0/14 ( NON MODIFIER)**

L'étude a été menée pour 03 teneurs en liant différentes pour le mélange granulaire

- **Teneur en liant :**

Le pourcentage de liant, on peut relier la notion de module de richesse qui caractérise en quelque sorte l'épaisseur moyenne du film de bitume qui entoure les granulats suivant la relation :

$$\text{Teneur en liant } \alpha = K \cdot \sqrt[2]{S}$$

AVEC ;

$\alpha$  = coefficient de correction pour prendre en compte la masse volumique réelle des granulats selon la relation

$$\alpha = \frac{2.65}{\delta}$$

$\delta$  : Masse volumique réelle de granulats

K : Module de richesse

S : Surface spécifique des granulats exprime en m<sup>2</sup>/kg  $S = \sum 0.25G + 2.3S + 12s + 135f$

G : Proportion pondérales des éléments > 6.3 mm

S : Proportion pondérales des éléments compris entre 6.3 et 0.315 mm

s : Proportion pondérales des éléments compris entre et 0.315 et 0.08 mm

f : Proportion pondérales des éléments > 0.08 mm

les valeur pour l'étude sont données ci-après pour chaque type de mélange

| Catégories           | A    | B    | C    |
|----------------------|------|------|------|
| Module de richesse K | 2.87 | 2.90 | 3.01 |
| Teneur en liant %    | 4.05 | 4.17 | 4.32 |

## II.5. CHOIX DE LA FORMULE : BBD<sub>r</sub>( NON MODIFEIR)

### *Mélange à noir de béton bitumineux drainant 0/14:*

Les mélanges proposés notés A ,B , et C à différents dosages en liants été soumis à l'essai MARSHALL. L'essais consiste à compacter des éprouvettes d'enrobé par des différents teuneurs en liant indiquée dans le tableau suivant :

Tableau II.5 : Tableau comparatif de formulation

| NATURE DES<br>CONSTITUANTS            | FORMULATION |       |       | SPECIFICAT<br>ION |
|---------------------------------------|-------------|-------|-------|-------------------|
|                                       | A           | B     | C     |                   |
| Gravier 3/8                           | 47%         |       |       |                   |
| Gravier 8/15                          | 43%         |       |       |                   |
| Sable 0/3                             | 10%         |       |       |                   |
| Liant bitum 40/50                     | 4.05        | 4.17  | 4.32  |                   |
| Module de richess                     | 2.87        | 2.90  | 3.01  |                   |
| Densité Apparente MVA<br>T/M3         | 2.06        | 2.11  | 2.15  |                   |
| Densité Vraie MVR<br>T/M3             | 2.37        | 2.39  | 2.41  |                   |
| pourcentage des vides %               | 13.22       | 11.97 | 10.82 |                   |
| Compacité %                           | 86.77       | 88.24 | 89.17 | 88-96             |
| Rapport<br>immersion/compression S/Sm | 0.44        | 0.52  | 0.55  | >0.50             |

## II.6. CONFECTION DU BITUME-CAOUTCHOUC

Les bitumes modifiés sont fabriqués en général par dispersion de granulats de caoutchouc dans les agrégats sous agitation à chaud. Après avoir chauffé les granulats à une température comprise entre 170°C et 180°C, sous agitation mécanique (hélice), on introduit ensuite l'agent modifiant (granulats de caoutchouc). Pour les enrobés contenant des granulats de caoutchouc, ceux-ci sont ajoutés à température ambiante et malaxés durant 15 s. Le liant est enfin ajouté et le tout malaxé durant 60 s. La température de l'enrobé à l'issue du processus de malaxage est autour de 180 °C.

### II.6.1. FORMULATION:

La formulation étudiée concerne un béton bitumineux poreux 0/14 catégorie "C" confectionné à partir des classes granulaires 0/3, 3/8 et 8/15 et un bitume de classe 40/50, ce type de BBDr est fréquemment utilisé en revêtement des sols sportifs, parking, rues urbain dont les gammes d'épaisseur d'application sont comprises entre 6 et 8cm (minimum absolu 5cm).

pour la composition granulaire du béton bitumineux drainant Modifier BINDER, la composition granulaire ainsi retenus est la suivante :

- sable 0/3 .....07%
- Granulat de caoutchouc .....05%
- Gravier 3/8 .....42%
- Gravier 8/15 .....46%
- Dosage en liant 40/50.....5.16%



Photo.II.1. Poste d'enrobé



Photo.II.2. Citerne de stockage de bitume



Photo.II.3. bags d'homogénéisation des granulats



Photo.II.4. bande d'essais en béton bitumineux modifié



Photo.II.5. Un terrian sportif de proximité ( TSP) réalisé en béton bitumineux modifié



Photo.II.6. Prélèvement d'échantillons

## II.6.2. Synthèse sur les asphaltes-caoutchouc

Sur le plan comportement de l'enrobé, l'apport des granulats de caoutchoucs dans la modification du bitume a une grande influence sur les caractéristiques de l'enrobé bitumineux qui se résument en :

- Un gain important en termes de stabilité supérieur à 45%.
- Une faible diminution voire une presque constance en fluage.
- Une diminution de la compacité de moins de 5%.

Les résultats obtenus dans ce cadre montrent l'intérêt que peut revêtir l'incorporation de caoutchouc dans les mélanges hydrocarbonés puisqu'elle permet d'augmenter la résistance mécanique sans affecter de manière importante les autres caractéristiques à savoir le fluage et la compacité.

A cet effet, il y'a lieu de compléter et d'approfondir les recherches dans le sens d'optimiser l'influence des granulats de caoutchouc sur les autres paramètres

## Conclusion Générale et perspectives:

Ce mémoire met en lumière le potentiel considérable de la valorisation des déchets de pneus usagés dans la fabrication de matériaux de construction durables, notamment le béton bitumineux incorporant du granulé de caoutchouc. L'étude montre que cette approche présente des avantages environnementaux significatifs en réduisant l'accumulation de déchets, en diminuant la pollution et en favorisant une gestion plus responsable des ressources. Sur le plan technique, l'incorporation de granulats de caoutchouc améliore les propriétés mécaniques, la résistance à la fissuration, la durabilité, ainsi que la réduction du bruit des infrastructures routières et sportives, ce qui est particulièrement pertinent dans le contexte algérien où la gestion des pneumatiques constitue un défi écologique et économique majeur.

De plus, la création d'une startup spécialisée dans cette valorisation innovante offre des perspectives économiques prometteuses, en favorisant la création d'emplois, le développement de technologies propres, et la mise en œuvre de solutions adaptées aux exigences climatiques et sociales locales. Enfin, bien que certains défis techniques subsistent, tels que la stabilité du mélange ou la libération potentielle de métaux, les avancées récentes et les recherches en cours laissent entrevoir un avenir où cette filière pourrait jouer un rôle clé dans la construction durable, en contribuant à la transition vers une économie circulaire respectueuse de l'environnement

**Références bibliographiques :**

- [1] Conférence des Parties à la Convention de BALE sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, Directives Techniques Révisées pour une Gestion Ecologiquement Rationnelle des pneus usés, P52, Avril 2008.
- [2] ONS : Office National des Statistiques de l'Algérie [en ligne]. <http://www.ons.dz/>.
- [3] H. Trouzine : Problématique des pneumatiques usagés en Algérie.
- [4] Aliapur : Filière Française de valorisation de pneus usagés. [En Ligne] <http://www.aliapur.dz>.
- [5] Algex-dz : Le portail algérien du commerce extérieur-Ministère du commerce [en ligne]. <http://www.promex.dz/>.
- [6] A. Chettah, thèse de doctorat: Comportement vibroacoustique des structures élaborées à partir de poudrettes de pneus recyclés, Université de Reims, Novembre 2008.
- [7] F. Abdalouahab et Z. Djidjeli : Valorisation des pneumatiques usagées dans la protection de l'environnement. 19ème Congrès Français de mécanique. (Aout 2009).
- [8] EL BEZE Laëtitia. Recyclage à chaud des agrégats d'enrobes bitumineux : Identification de traceurs d'homogénéité du mélange entre bitume vieilli et bitume neuf d'apport.
- [9] FAURE M., Les utilisations routières de la poudrette de caoutchouc, LRPC Clermont Ferrand, Journée technique ADEME Recyclage du caoutchouc et des matières plastiques – Juin 1985.
- [10] GLAOUI Bachir, et al. "Effect of thermal cycles on creep behavior of bituminous binder in hot regions." International Journal of Civil and Structural Engineering 5.1 (2014): 73.
- [11] Hong-Hu Chu, Abdulaziz Ibrahim Almohana, Ghassan A. QasMarrogy, SattamFahadAlmojjil, AbdulrhmanFahmiAlali, KhaledTwfiqAlmoalimi, Amir Raise, RETRACTED: Experimental investigation of performance properties of asphalt binder and stone matrix asphalt mixture using waste material and warm mix additive, Construction and Building Materials, Volume 368, 2023, 130397, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130397>.
- [12] Lu He, Yong Cao, Hui-Ming Qu, Yong-Kui Zhang, Qing-Qing Bi, De-Yi Wang, Advances in flame retardancy of asphalt pavement: A review, Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, Volume 7, Issue 3, 2024, Pages 273-294, ISSN 2542-5048, <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2024.01.001>.
- [13] Angela Farina, Barbara Ruffino, EminKutay, AnnickAnctil, Leaching behavior of metals from asphalt mixtures modified with crumb rubber from scrap tires, Waste Management, Volume 179, 2024, Pages 44-54, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.03.003>.

- [14] Bocci, E.; Prospero, E.; Bocci, M. Rheological Modeling of Bituminous Mixtures Including Polymer-Modified Binder and Fine Crumb Rubber Added through Dry Process. *Materials* 2023, 16, 310. <https://doi.org/10.3390/ma16010310>
- [15] Baumgardner, G. L., Hardee, J. R., Negulescu, I. I., Williams, E. R., Howard, I. L., & John, R. C. S. (2014). Quantitative analysis of functional polymer in recycled tyre rubber used in modified asphalt binders. *Road Materials and Pavement Design*, 15(sup1), 263–278. <https://doi.org/10.1080/14680629.2014.927413>
- [16] Qu, Fangting, SongtaoLv, JunfengGao, and Chaochao Liu. 2020. "Performance and Mechanism of Asphalt Modified by Buton-Rock Asphalt and Different Types of Styrene-Butadiene-Rubber" *Applied Sciences* 10, no. 9: 3077. <https://doi.org/10.3390/app10093077>
- [17] Bressi, Sara, Nicholas Fiorentini, Jiandong Huang, and Massimo Losa. 2019. "Crumb Rubber Modifier in Road Asphalt Pavements: State of the Art and Statistics" *Coatings* 9, no. 6: 384. <https://doi.org/10.3390/coatings9060384>
- [18] Darshan, N., Kataware, A.V. Review on Porous Asphalt Pavements: A Comprehensive Resolution for Stormwater Management and Applications in Current Built Environment. *Int. J. Pavement Res. Technol.* (2024). <https://doi.org/10.1007/s42947-024-00444-w>.
- [19] Wang Y, Wang X. Pavement and noise reduction performance of open-graded asphalt friction course improved by waste tire crumb rubber. *Advances in Civil Engineering*. 8 Sep 2021
- [20] Guo ZY, Shen GH. Analysis of tire-pavement noise spectrum of noise reduction dense asphalt-rubber pavement. *Advanced Engineering Forum*. 1 juil 2021.

# الملحق



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة محمد البشير الإبراهيمي



الكلية : العلوم و التكنولوجيا  
القسم : الهندسة المدنية

عنوان المشروع

**Béton bitumineux incorporant le Caoutchouc recyclé des  
pneus usagés**

تحت اشراف

اعداد الطالب:

رزقي شعبان الدكتور : العياشي قلمين

## المحور الاول: تقديم المشروع

فكرة المشروع (الحل المقترح)

### 01. نبذة عن المشروع:

في ظل الحاجة المتزايدة باستمرار للموارد المادية و المتطلبات و الظروف اللازمة للحفاظ على البيئة في إطار رؤية التنمية المستدامة لقد أصبح من الضروري استكشاف ودراسة جميع الاحتمالات وفرص إعادة استخدام واستعادة النفايات الصناعية والمنتجات الثانوية وخاصة في مجال الهندسة المدنية و هندسة الطرق، والتي تعد المستهلكين الرئيسيين لهذه المادة.

في الواقع، نفايات المطاط لاسيما الإطارات المستعملة التي تشكل جزءًا كبيرًا، وهي مستجيبة جدًا في طبيعتها، وحجمها وكثافتها تشجع قابليتها المنخفضة للتحلل البيولوجي على استخدامها في مواد البناء ذات خصائص أصلية ومفيدة جدًا مثل مسحوق المطاط. لذا مسحوق المطاط، الناتجة عن طحن العجلات المستعملة، هي عملية تعود بالفائدة سواء على البيئة أو على المنشآت العمومية، حيث اثبتت فعاليتها من الناحية الاقتصادية كونها تنافسية للغاية. مشروعنا هذا يهدف إلى تطوير الخرسانة المزفتة و ذلك بدمج نسبة معينة من حبيبات المطاط . بدأت فكرة المشروع من خلال ملاحظة معظم حالة الطرقات التي تتشكل فيها تحديات و هذا ناتج عن طبيعة و مكونات مادة الازفلت التي لا تحتوي على عنصر التمدد و التقلص حسب الظروف المناخية ما يسبب ظهور تحديات و انحناءات التي شكلت و ما تزال تشكل خطر على مستعملي طرقاتنا و بهذا السبب حصدت العديد من الأرواح و الضحايا. فبإضافة حبيبات المطاط لخليط الازفلت يساعد على مقاومة الظروف المناخية الصعبة وذلك للطبيعة المرنة للمطاط وهذا ما يساعد على تحسين المواصفات الميكانيكية و الفيزيائية للمنتج.

وهناك أيضا دافع رئيسي تبنت عليه الفكرة و هي الأرضيات الرياضية المنجزة بمادة الخرسانة المزفتة حيث لوحظ أن هذه الأرضيات تتميز بصلابة ما يتسبب بإصابة الرياضيين و خاصة في المناطق الصحراوية التي تعرف درجات حرارة مرتفعة ما يسبب في قصر مدة هذه المنشآت و من هنا جاءت الفكرة في تحسين و معالجة هذا الإشكال حيث أن مادة المطاط تعطي ليونة و مرونة أكثر و بالتالي راحة و أمان و ديمومة أكثر.

يكن الجانب الابتكاري في استخدام تكنولوجيا حبيبات المطاط المعاد تطويره في قطاع البناء في مايلي:

1- أن هذا التقنية رخيصة الثمن مقارنة بالتقنيات الأخرى التي تهدف لتنشيط المواد الإسفلتية

2 -نتائج هذه التقنية على الأداء الفيزيائي و الميكانيكي للمواد الإسفلتية جيدة

3 -سهولة التنفيذ و لا تتطلب إمكانيات كبيرة

4- عدم وجود اي انعكاسات سلبية علي المنشآت او مستخدميها على المدى القصير او البعيد

-يتكون فريقنا من عمال مؤهلين ومؤطرين، مهندسين ميكانيكيين، ومتخصصين في التسويق والمبيعات

سيكون لكل فرد دور محدد في عملية الإنتاج، التطوير، والتسويق لضمان نجاح المشروع

## 02 القيم المقترحة:

سنقدم منتجا مبتكرا لم يكن موجودا في السوق المحلي من قبل، مما يوفر حلاً جديدا ومتفردا لمشاكل الطرق و كذا المنشآت الرياضية التي تعرف إستعمال واسع و أساسي لهذه المادة.

### 01-02: الاداء:

يتميز الازفلت المعدل بحبيبات المطاط بأداء عالي من حيث قابلية التمدد و المرونة العالية و ديمومة أكثر

### 02-02: التكيف:

يمكن تعديل و تخصيص طاقة و إنتاج الخرسانة المزفطة المعدلة بحبيبات المطاط المعاد تطويره وفقا لاحتياجات المشاريع المختلفة مما يوفر مرونة عالية للعملاء

### 03-02: إنجاز المهام:

يساعد الازفلت المعدل العملاء في إنجاز المشاريع ذات الصلة بشكل أكثر كفاءة و أقل تكلفة صيانة، من خلال الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية للمنتج

### 04-02: التصميم:

إنتاج الخرسانة المزفطة المعدلة بحبيبات المطاط يتوافق مع الرغبات و الاحتياجات المختلفة للعملاء، مع إمكانية الصيانة و إعادة التأهيل

### 05-02: السعر:

نسعى لتقديم الخرسانة المزفطة المعدلة بسعر منافس يلبي احتياجات مختلف شرائح العملاء، مع تحسين الجودة و مدة صلاحية أطول

### 06-02: مساعدة العملاء على تقليل التكاليف:

نتساهم الخرسانة المزفطة المعدلة بحبيبات المطاط في تقليل التكاليف الإضافية الخاصة بالصيانة مع سهولة التنفيذ

### 07-02: تقليل المخاطر:

نقدم ضمانات على منتجاتنا لتقليل مخاطر العملاء، مما يزيد من الثقة والاطمئنان عند الشراء

### 08-02: سهولة الوصول:

سنضمن توفر منتجاتنا في مختلف أنحاء الوطن، مع إمكانية إنشاء فروع جهوية حسب حجم الطلبات

### 09-02: سهولة الإستخدام:

يتم استخدام الخرسانة المزفطة المعدلة بنفس طريقة الخرسانة المزفطة التقليدية لذا لا يوجد أي إشكال في عملية الاستخدام

## 3 أهداف المشروع:

## 01-03: دخول السوق:

-الهدف على المدى القصير ( 1-2سنوات): تحقيق تواجد قوي في السوق المحلي الجزائري  
-الحصة السوقية المستهدفة 15-25% : من سوق الأشغال العمومية و الأرضيات الرياضية

## 02-03: الاستدامة والابتكار:

-الهدف على المدى المتوسط و الطويل ( 5-10 سنوات): إقامة فروع جديدة قائمة على نفس  
التكنولوجيا وتوسيع نطاق استخدام الازفلت المطاطي  
-الحصة السوقية المستهدفة 20% : من ميدان الأشغال العمومية و 50% : المنشآت الرياضية

## 03.03: أهداف إضافية:

تحقيق رضا العملاء- الوصول إلى معدل رضا عملاء لا يقل عن 90%-الشراكات الاستراتيجية

## 04 جدول زمني لتحقيق المشروع: (الأشهر):

| مستمرة | 04 | 03 | 02 | 01 |                                |
|--------|----|----|----|----|--------------------------------|
|        |    |    |    | ✓  | 01 اختيار مقر الوحدة الانتاجية |
|        |    | ✓  | ✓  | ✓  | 02 طلب التجهيزات               |
|        |    | ✓  |    |    | 03 تركيب المعدات               |
|        |    | ✓  |    |    | 04 شراء المواد الخام           |
| ✓      | ✓  |    |    |    | 05 بداية الانتاج               |

## المحور الثاني: الجوانب الابتكارية

فيما يخص طبيعة هذا الابتكار ابتكار السوق، حيث أن دمج حبيبات المطاط مع الازفلت يفتح سوق جديدا في مجال البناء و الأشغال العمومية و كذا مجال الأرضيات الرياضية المبتكرة في الجزائر و المنطقة، حيث من خلال تقديم منتج غير موجود في السوق المحلي نستهدف عدة قطاعات في آن واحد التي تبحث عن مواد أكثر استدامة وكفاءة

### مجالات الابتكارات:

#### 01 - العمليات الجديدة:

زيادة الربحية وزيادة كفاءة العمليات من خلال اعتماد إعادة التدوير وتحسين عمليات التصنيع، نتمكن من تقليل تكاليف الإنتاج وزيادة الكفاءة، مما يعزز الربحية

#### 02 - تجارب جديدة:

يمكننا توسيع نطاق استخدام الازفلت المطاطي ليشمل تطبيقات متنوعة في البناء و الأشغال العمومية مثل الأحياء العمرانية، الطرق المحاذية للسكان، مساحات اللعب مما يزيد من مبيعاتنا لقطاعات العملاء الحالية.

#### 03 - ميزات جديدة:

سنستمر في تحسين خصائص الازفلت المطاطي مثل التلوث الصوتي، المرونة، الديمومة بالإضافة إلى تقديم منتجات جديدة مثل إزفلت مطاطي معزز بمواد أخرى لتحسين الأداء

#### 04 - العملاء الجدد:

من خلال تسويق الخرسانة المزققة مدمجة بحبيبات المطاط في أسواق إقليمية جديدة مثل شمال و غرب إفريقيا و كذا الشرق الأوسط، نستهدف شرائح عملاء جديدة تتطلب مواد بناء مستدامة وفعالة خصوصا مع طبيعة الظروف المناخية الصعبة.

#### 05 - إنشاء عروض جديدة:

تطوير الخرسانة المزققة المدمجة بحبيبات المطاط بأشكال وتصميمات جديدة، بالإضافة إلى إطلاق خطوط منتجات مكملة مثل الازفلت المطاطي المخصص لمساحات اللعب

#### 06 - نماذج جديدة:

بدلاً من الاعتماد فقط على بيع المنتجات، سنعتمد نموذج العمل الذي يشمل خدمات متكاملة مثل الانجاز والصيانة. هذا النموذج سيولد قيمة مضافة للعملاء ويزيد من وفائهم

## المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

### 01 - عرض القطاع السوقي:

#### 01-01 . السوق المحتمل:

السوق المحتملة هي مجموعة الأفراد أو المؤسسات أو الهيئات العمومية التي تطلب أو من المحتمل أن تطلب الخرسانة المزفتة المدمجة بحبيبات المطاط لتلبية احتياجاتهم ورغباتهم في مجال البناء و الأشغال العمومية المتطور والمستدام

#### من يشتري منتجاتنا ؟ ؟

شركات البناء و الأشغال العمومية والمقاولات .  
مكاتب الدراسات و المستشارين التقنيين .  
الشركات المختصة في الأرضيات الرياضية و مساحات اللعب .  
الهيئات الحكومية .

#### ما الذي يحفزهم لذلك؟؟؟

-الاستدامة البيئية  
-الأداء العالي  
-تكلفة منخفضة  
-التأقلم مع الظروف الجوية القاسية

أين يتواجدون؟

في الجزائر خاصة في المناطق الصحراوية في شمال و غرب إفريقيا ، الشرق الأوسط ، في الدول التي تسعى لتحسين المعايير لمقاومة الظروف المناخية الصعبة مثل دول الخليج .

عددهم

شركات البناء والمقاولات في الجزائر: تقديرات تشير إلى وجود أكثر من 5,000 شركة بناء ومقاولات مكاتب الدراسات و المستشارين التقنيين: عددهم يتجاوز 1.500 ممارس في الجزائر

المرقون العقاريون: حوالي 200 مرقي في السوق الجزائري

-الهيئات الحكومية: تشمل العديد من البلديات والمؤسسات الحكومية المعنية بالبناء و الأشغال العمومية و التحسين الحضري

#### 02-01 . السوق المستهدف:

يمثل السوق المستهدف مجموعة الأفراد أو المؤسسات أو الهيئات التي تعرض عليها منتجاتك بشكل أكثر تحديداً

**أ/- تحديد السوق المستهدف:**

- شركات البناء و الأشغال العمومية والمقاولات الكبيرة والمتوسطة
- الشركات المختصة في الأرضيات الرياضية و مساحات اللعب
- المطورون العقاريون
- الإدارات العمومية و الهيئات الحكومية

**ب/- مبرر اختيار هذا السوق المستهدف:**

حجم الطلب المحتمل: هذه الشريحة لديها طلب كبير ومستمر على المواد المبتكرة القدرة الشرائية: الشركات الكبيرة والمتوسطة والهيئات الحكومية لديها القدرة على الاستثمار في مواد بناء مستدامة التوجه نحو الاستدامة : هذه الشريحة تتماشى مع الاتجاهات العالمية نحو التنمية المستدامة و الحفاظ على البيئة

**ج/- إمكانية إبرام عقود الشراء مع بعض العملاء المهمين:**

-شركات بناء كبرى: يمكن التفاوض معها لإبرام عقود طويلة الأمد لتزويد مشاريعها بالخرسانة المزفتة المعدلة بحبيبات المطاط

- المرقون العقاريون الرائدون: مثل شركات التطوير العقاري الكبيرة في الجزائر -المؤسسات الحكومية: مثل البلديات والوزارات المعنية بالبناء و الأشغال العمومية والتطوير الحضري.

- المؤسسات المختصة في الأرضيات الرياضية يمكن التفاوض معها لتزويد مشاريعها بالخرسانة المزفتة المعدلة

**02 - قياس شدة المنافسة:****01-02. المنافسون المباشرون وغير المباشرون:****-المنافسون المباشرون:**

شركات إنتاج الخرسانة المزفتة التقليدية.

**-المنافسون غير المباشرون:**

-الشركات التي تعيد رسكلة العجلات المطاطية

**02-02. تحديد أعدادهم وحصصهم في السوق:**

شركات إنتاج الخرسانة المزفتة التقليدي في الجزائر : تقديرات تشير إلى وجود حوالي 240 مصنعًا مصانع رسكلة العجلات المطاطية : حوالي 4 مصانع رائدة في السوق الجزائري

**02-03. نقاط القوة والضعف لديهم:**

✓ إنتاج الخرسانة المزفتة التقليدي

-نقاط القوة: خبرة طويلة في السوق، شبكة توزيع واسعة،

-نقاط الضعف: عدم الاستدامة البيئية، قلة الابتكار، مشاكل المرونة عدم مقاومة الظروف الصعبة

✓ مصانع رسكلة العجلات المطاطية

-نقاط القوة : منتجات مبتكرة، توجه نحو الاستدامة، أداء عالي في المرونة

-نقاط الضعف: عدم القدرة على استعمال التقنية، قلة التوعية في السوق المحلي

### 03 - الاستراتيجية التسويقية:

#### الهدف:

وضع استراتيجية تسويقية فعالة لجذب العملاء المحتملين وتعزيز الانتاج، مع الأخذ بعين الاعتبار القدرات المالية للمؤسسة وتوازن المزيج التسويقي

### 03-01. تحليل : SOWT

#### \*نقاط القوة:

-تلبية احتياجات السوق المتزايدة للهواد المستدامة والفعالة

-قدرة المنتج على علي مقاومة الظروف الخارجية و محسن من حيث المرونة

#### \*نقاط الضعف:

-قلة الوعي بالمنتج الجديد في السوق

-تكاليف أولية مرتفعة للتسويق والترويج

-الحاجة لتثقيف العملاء بشأن فوائد الخرسانة المزففة المعدلة

#### \*الفرص:

-نمو الطلب على الهواد المستدامة

- توجه الحكومة لاستعمال هذا النوع من المنتج في المشاريع العمومية

-دعم حكومي محتمل للمشاريع البيئية

-إمكانية التوسع في الأسواق الإقليمية

#### \*التحديات:

-المنافسة من الشركات التقليدية والمبتكرة الأخرى

-التحديات الاقتصادية والتقلبات في الأسعار

-مقاومة التغيير من قبل العملاء التقليديين

#### \*المزيج التسويقي:

#### المنتج (Product) :

-وصف المنتج: خرسانة مزففة مدمجة بحبيبات المطاط الهواد تدويره يتميز بالمرونة، العزل

الضجيج الصوتي، والاستدامة البيئية

-مميزات إضافية: مقاوم للظروف المناخية الصعبة ( درجات حرارة منخفضة أو مرتفعة)

#### السعر (Price) :

-استراتيجية التسعير: تحديد سعر تنافسي يعكس الجودة والقيمة المضافة مقارنة بالخرسانة المزففة التقليدية

-التسعير الترويجي: تقديم خصومات وعروض خاصة للعملاء الجدد والمشاريع الكبيرة  
-المرونة في الأسعار: تقديم خيارات تسعير مرنة للعملاء الذين يشترون بكميات معتبرة أو  
على فترات زمنية محددة

### المكان (Place) :

-قنوات التوزيع: توزيع المنتج مباشرة نحو الزبون مع ضمان التنفيذ  
-الشراكات: إقامة شراكات مع شركات البناء و الأشغال العمومية والمقاولات الكبيرة لضمان  
استخدام الخرسانة المزفتة المعدلة بحبيبات المطاط المعاد تدويره في مشاريعهم  
-الموقع الجغرافي: التركيز على المشاريع الرئيسية في الجزائر، مع خطط للتوسع إلى الشمال و غرب  
إفريقيا والشرق الأوسط

### الترويج (Promotion) :

-الإعلانات: استخدام الإعلانات الرقمية ووسائل التواصل الاجتماعي للوصول إلى جمهور  
واسع  
-المعارض والمؤتمرات: المشاركة في معارض ومؤتمرات البناء و لأشغال العمومية لعرض و  
تعريف المنتج وزيادة الوعي  
-التسويق المباشر: إرسال مواد ترويجية وعروض خاصة إلى الشركات والهيئات الحكومية المستهدفة  
-العلاقات العامة: نشر مقالات وإجراء مقابلات حول إيجابيات الخرسانة المزفتة المعدلة بحبيبات  
المطاط المعاد تدويره في وسائل الإعلام المحلية والدولية  
-التثقيف والتوعية: تقديم ورشات عمل وندوات تثقيفية لشرح فوائد المنتج واستخداماته

### خطة العمل:

#### المرحلة الأولى (0-3 أشهر)

-إطلاق الموقع الإلكتروني والمنصات الاجتماعية  
-الإعلانات الأولية  
-الشراكات الاستراتيجية

#### المرحلة الثانية (3-6 شهر)

-المعارض والمؤتمرات  
-التوسع في التوزيع  
-الترويج المتكامل

#### المرحلة الثالثة (6-18 شهر)

-التوسع الإقليمي  
-تحليل الأداء

#### 4 – الميزانية:

- التسويق المباشر والعلاقات العامة: تخصيص 30% من الميزانية
- التسويق الرقمي والإعلانات: تخصيص 20% من الميزانية
- البحث والتطوير: تخصيص 20% من الميزانية لتحسين المنتج وتطويره
- المعارض والمؤتمرات: تخصيص 15% من الميزانية
- التثقيف والتوعية: تخصيص 15% من الميزانية

## المحور الرابع : خطة الانتاج والتنظيم

### 01 - عملية الإنتاج:

تمر عملية إنتاج الخرسانة المزفتة المعدلة بحبيبات المطاط المعاد رسكلته بعدة مراحل . سنشرح هذه المراحل بالتفصيل لتمكين القارئ من فهم طريقة الإنتاج

#### \*شراء المواد الأولية:

المواد الأولية المستخدمة

- المطاط المعاد تدويره
- الازفلت
- الحصى
- الرمل

#### \*الموردين:

-اختيار موردين موثوقين لضمان جودة ووفرة المواد

#### \*الفحص والجودة:

-فحص المواد الأولية عند وصولها

-إجراء اختبارات كيميائية وفيزيائية للتحقق من جودة المطاط والمواد الأخرى

تكيف المنتج

#### \*التحضير والمعالجة

-التنظيف والفرز: تنظيف المطاط وفرزه لإزالة المواد غير المرغوب فيها

#### \*المزج والتشكيل

-مزج المواد: خلط حبيبات المطاط مع الحصى و الرمل لمدة معينة و تحت درجة حرارة مثبتة بعدها

يتم إضافة الازفلت بدرجة حرارة محددة و يتم خلط المواد مجمعة ليتشكل الخليط

-التشكيل: صب الخليط في شاحنات النقل و صبه في المكان المراد تهيئته

-الضغط والحرارة: استخدام آلات الرص لضمان تماسكه.

### 02 - التموين:

#### \*سياسة الشراء\*

#### \*المواد الأولية

-تحديد المواد الأولية وشرائها: المطاط المعاد تدويره ، الازفلت الرمل والحصى

-التخزين: تخزين المواد الأولية في بيئة مناسبة للحفاظ على جودتها حتى الاستخدام

**\*التجهيزات**

-تحديد التجهيزات وشرائها: آلة رمي حبيبات المطاط

**\*أهم الموردين**

-المطاط المعاد تدويره: شركات محلية ودولية متخصصة في إعادة تدوير المطاط  
-الحصى، الرمل، الازفلت: موردون محليون مجاورون للمصنع  
-التجهيزات: شركات أجنبية مختصة في صناعة التجهيزات و المعدات موثوقة

سياسة الدفع ووقت الاستلام

-المواد الأولية: الدفع عند الاستلام

-التجهيزات: الدفع عند توقيع العقد

وقت الاستلام:

-المواد الأولية: الاستلام فور تقديم الطلب

-التجهيزات: الاستلام خلال شهرين إلى ثلاثة أشهر من توقيع العقد

**03 - اليد العاملة:**

عدد المناصب التي يمكن للمشروع توفيرها

-الإدارة : 3 مناصب (مدير عام، مدير إنتاج، مدير مالي)

-الإنتاج : 15 منصب (فنيين ومشغلي آلات)

-التسويق والمبيعات : 2 مناصب (مدير تسويق، محاسب)

-الدعم الفني والصيانة: 4 مناصب

طبيعة ونوع العمالة المطلوبة ومواقعها

**\*\*الإدارة\*\***

-موقع العمل: المكتب الرئيسي

-الطبيعة: موظفون ذوو خبرة إدارية في قطاع الصناعات

**\*\*الإنتاج\*\***

-الطبيعة: فنيون ذوو خبرة في تشغيل المعدات الصناعية

**\*\*التسويق والمبيعات\*\***

-الطبيعة: موظفون ذوو خبرة في التسويق والمبيعات، والعلاقات العامة

**\*\*الدعم الفني والصيانة\*\***

-الطبيعة: فنيون ذوو خبرة في صيانة المعدات وإصلاحها

**\*إمكانية الاستعانة بمصادر خارجية**

-الصيانة: التعاقد مع شركات صيانة خارجية لتقديم الدعم الفني المتقدم

**04 - الشراكات الرئيسية:**

- الجهات التي يمكنها المساعدة في استكمال المشروع وتقديم الإضافة:
- الموردون: التعاون الوثيق مع الموردين لضمان استمرارية التوريد وجودة المواد الأولية
  - الهيئات العامة: الاستفادة من البرامج الحكومية التي تدعم المشاريع البيئية والمستدامة
  - المختبرات: التعاون مع مختبرات الأبحاث لتطوير وتحسين خصائص الخرسانة المزفتة المعدلة
  - البنوك: الحصول على التمويل اللازم من خلال القروض الميسرة أو برامج التمويل الخاصة بالمشاريع البيئية
  - الحاضنات: الاستفادة من الدعم الذي تقدمه حاضنات الأعمال من استشارات وتدريب
  - الجامعات والمؤسسات التعليمية: التعاون في مجالات البحث والتطوير، واستقطاب الكفاءات من خريجي الجامعات
  - المنظمات البيئية: الشراكة مع منظمات بيئية لتسويق المنتج كخيار مستدام وبيئي

## المحور الخامس: الخطة المالية

## التكاليف

## تكاليف الأصول الثابتة:

| المستلزمات              | العدد | تكلفة الوحدة  | التكلفة الإجمالية    |
|-------------------------|-------|---------------|----------------------|
| آلة رمي المادة المطاطية | 1     | 12.000.000,00 | 12.000.000,00        |
| وحدة التخزين            | 1     | 1.000.000,00  | 1.000.000,00         |
| معدات الفحص والجودة     | 1     | 150.000,00    | 150.000,00           |
| <b>المجموع</b>          |       |               | <b>13.150.000,00</b> |

## تكاليف الأصول المتداولة (المواد الأولية):

| التعيين        | العدد | تكلفة الوحدة | التكلفة الإجمالية    |
|----------------|-------|--------------|----------------------|
| زفت            | 840   | 5000,00      | 4 200 000,00         |
| رمل            | 1176  | 600,00       | 705 600,00           |
| حصى            | 14784 | 650,00       | 9 609 000,00         |
| مطاط           | 840   | 7 000,00     | 5 880 000,00         |
| <b>المجموع</b> |       |              | <b>20.395.200,00</b> |

## المصاريف الإدارية:

| التعيين        | تكلفة الوحدة | التكلفة الإجمالية |
|----------------|--------------|-------------------|
| تكاليف التأسيس | /            | 300.000,00        |

## أعباء المستخدمين:

| إجمالي الرواتب السنوية | إجمالي الرواتب الشهرية | الراتب الشهري | العدد | الوظيفة  |
|------------------------|------------------------|---------------|-------|----------|
| 720.000,00             | 60.0000,00             | 60.000,00     | 01    | اداريين  |
| 1.680.000,00           | 140.000,00             | 35.000,00     | 04    | عمال     |
| 2.400.000,00           | 200.000,00             |               | 05    | الإجمالي |

الإيجارات:

| إيجارات السنوية | إيجارات الشهرية | طبيعة الإيجارات |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| /               | /               | ايجار المحل     |

تكاليف مختلفة:

| التكاليف السنوية | التكاليف الشهرية | تكاليف الصيانة        |
|------------------|------------------|-----------------------|
|                  |                  | أجور الوسطاء والأتعاب |
| 20.000,00        |                  | إشهار                 |
| 60.000,00        | 5.000,00         | صيانة                 |
| 80.000,00        |                  | المجموع               |

تكاليف الطاقة:

| السنوية    | الشهرية   | تكاليف الطاقة   |
|------------|-----------|-----------------|
| 12.000,00  | 1.000,00  | الماء           |
| 120.000,00 | 10.000,00 | الغاز والكهرباء |
| 12.000,00  | 1.000,00  | الانترنت        |
| 144.000,00 | 12.000,00 | المجموع         |

تكاليف المشروع:

| التكلفة       | التعيين                    |
|---------------|----------------------------|
| 13.150.000,00 | تكاليف الأصول الثابتة      |
| 20.395.200,00 | تكاليف الأصول المتداولة    |
| 300.000,00    | تكاليف الإنشاء ( التأسيس ) |
| 2 624 000,00  | تكاليف التشغيل             |
| 36 469 200,00 | المجموع                    |

رقم الأعمال:

| Produit A destiné Client         | N-2 | N-1 | N                    |
|----------------------------------|-----|-----|----------------------|
| Quantité produit A               |     |     | 16 800               |
| Prix HT produit A                |     |     | 2 874.09             |
| Ventes produit A                 |     |     | <b>48 287 610,00</b> |
| <b>CHIFFRE D'AFFAIRES GLOBAL</b> |     |     | <b>48 287 610,00</b> |

حسابات النتائج لخمس سنوات:

| N                         | N+1                       | N+2                       | N+3                       | N+4                       | N+5                       |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Chiffre d'affaires</b> | <b>Chiffre d'affaires</b> | <b>Chiffre d'affaires</b> | <b>Chiffre d'affaires</b> | <b>Chiffre d'affaires</b> | <b>Chiffre d'affaires</b> |
| 48.287.610.00             | 50.701.990.50             | 53.116.371.00             | 55.530.751.50             | 57.945.132.00             | 60.359.512.50             |
| <b>Bénifice</b>           | <b>Bénifice</b>           | <b>Bénifice</b>           | <b>Bénifice</b>           | <b>Bénifice</b>           | <b>Bénifice</b>           |
| 9.915.010.00              | 11.661.457.82             | 13.279.092.75             | 14.993.302.91             | 16.040.088.28             | 18.711.448.88             |

## مخطط نموذج العمل التجاري BMC

|   |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
| <p>✓ الشراكات</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• حاضنات الأعمال</li> <li>• وزارة البناء و الأشغال العمومية و الهياكل التابعة لهما</li> <li>• وزارة البيئة وهياكلها</li> <li>• مؤسسات المقاولين و المرقين العقاريين</li> </ul> | <p>✓ الأنشطة الرئيسية</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• إعداد و تحضير المواد الخام</li> <li>• عملية الإنتاج</li> <li>• التسويق و المبيعات</li> </ul>                        | <p>✓ القيمة المقترحة</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• المنتج هو خرسانة مزفتة مدمجة بحبيبات المطاط المعادرسكلتها</li> <li>• المنتج غير موجود بشكل محلي لذلك نعمل على تطوير المنتج الوطني.</li> <li>• تقديم منتج غير تقليدي من خلال دمج حبيبات المطاط مع الازفلت</li> <li>• منتج له تأثيرات ايجابية للحفاظ على البيئة</li> <li>• المنتج يحل مشكلة تجمع المياه في الطرق العمرانية و المواقف و المساحات العمومية</li> </ul> | <p>✓ العلاقات مع الزبون</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• علاقة مباشرة مع الزبون</li> <li>• ذكر الايجابيات والحلول الذي يقدمها المنتج</li> <li>• تعريف المنتج بطريقة علمية و بعينة منجزة على أرض الواقع</li> </ul>  | <p>✓ شرائح العملاء</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• مقاولات البناء و الأشغال العمومية و المقاولات المتخصصة في الأرضيات الرياضية</li> <li>• المؤسسات والهيئات العمومية والخاصة</li> </ul> |
|   | <p>الموارد</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• موارد مادية: المواد الأولية، التجهيزات والعتاد</li> <li>• موارد بشرية: اليد العاملة والتأطير</li> <li>• موارد مالية</li> </ul> |   | <p>✓ قنوات التوصيل</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تسخير مهندسين مختصين للتعريف بالمشروع لدى الشركات و المؤسسات المعنية</li> <li>• تسويق الالكتروني من خلال مواقع التواصل الاجتماعي</li> <li>• المشاركة في المعارض الوطنية الخاصة بمؤسسات البناء و الأشغال العمومية</li> <li>• خدمة التوصيل والانجاز</li> </ul> |  |
| <p>✓ هيكلية التكاليف</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تكاليف تأسيسية: الآلة المختصة برمي حبيبات المطاط، تهيئة المقر،</li> <li>• تكاليف شراء المواد الأولية، الأجور، الخدمات.....</li> </ul>                                 |  | <p>✓ قنوات الربح</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• إيرادات بيع الخرسانة المزفتة المعدلة</li> <li>• صيانة المنشآت المنجزة بالخرسانة المزفتة التقليدية أو المعدلة</li> </ul>   |  |  |